

CLIPPEDIMAGE= JP407226643A

PAT-NO: JP407226643A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07226643 A

TITLE: ELASTIC WAVE ELEMENT

PUBN-DATE: August 22, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MISU, KOICHIRO

KIMURA, TOMONORI

NAGATSUKA, TSUTOMU

WAKOU, SHIYUUZOU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

MITSUBISHI ELECTRIC CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06016827

APPL-DATE: February 10, 1994

INT-CL (IPC): H03H009/145;H03H009/44

ABSTRACT:

PURPOSE: To prevent the crossing part of the same center frequency from continuing to provide required characteristics by providing an area where the ratio of an electrode finger width and the gap length of adjacent electrode fingers is changed in a part where the electrode fingers with different potentials of an interdigital electrode cross.

CONSTITUTION: The electrode finger arraying gap of an input side interdigital electrode 1a is gradually made small towards an output side electrode 1b and the electrode 1b is turned to be in a shape symmetrical to the 1a as well. In

the area 11 where the gap is small, the ratio of the width and the gap of the respective electrode fingers 2 is changed, the crossing part provided with the same constitution is eliminated in the entire crossing parts and the center frequencies of the respective crossing parts constituted of the adjacent electrode fingers 2 are made different. Since the propagation speeds of elastic waves in the electrode finger 2 and a gap part are different, by changing the ratio of the electrode finger width and the gap length, delay time between the electrode fingers 2 is changed and the center frequency is changed. Thus, by attaining such constitution, the delay time in respective crossing points is effectively made small and the degradation of the characteristics due to continuance in the crossing parts of the same delay time is prevented.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-226643

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 H 9/145	Z	7259-5 J		
9/44		7259-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 27 頁)

(21)出願番号 特願平6-16827

(22)出願日 平成6年(1994)2月10日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 三須 幸一郎

神奈川県鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱  
電機株式会社電子システム研究所内

(72)発明者 木村 友則

神奈川県鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱  
電機株式会社電子システム研究所内

(72)発明者 永塚 勉

神奈川県鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱  
電機株式会社電子システム研究所内

(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

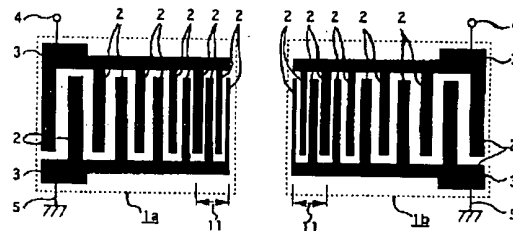
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 弾性波素子

(57)【要約】

【目的】 すだれ状電極の電極指の幅及び電極指間隔が最小寸法単位の正数倍に設定される広帯域型の弾性波素子において、隣接する電極指で構成される交差部の幾何学的形状が複数一致することに起因する素子特性の劣化を回避する。

【構成】 各交差部における電極指幅及び電極指間隔の大きさの組み合わせ(比率)を相互に異ならせる。これによって、交差部全体の中で幾何学的に同一の形状を有する交差部が生じるのを回避できる。また、電極指に太い部分と細い部分を設け又はすだれ状電極が形成される素子基板の上面に別の層を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電気信号と弾性波との変換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成を有する弾性波素子において、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、上記電極指幅と隣り合う電極指との間隙長との比率を変えた領域を有することを特徴とした弾性波素子。

【請求項2】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成を有する弾性波素子において、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、隣り合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を徐々に小さくしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項3】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成を有する弾性波素子において、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣り合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を乱数的に変化させたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項4】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成を有する弾性波素子において、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣り合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有することを特徴とする弾性波素子。

【請求項5】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状の電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成を有する弾性波素子において、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣り合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、上記各電極指における隣り合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅の方向の長さの合計に対して、上記隣り合う電極指の間隙長に対する上記電極指の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計の比率を、徐々に大きくしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項6】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成を有する弾性波素子において、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣り合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、上記各電極指における隣り合う電極の間隙長に対する上記電

極幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計の比率を、乱数的に変化させたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項7】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成を有する弾性波素子において、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性の無い圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項8】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させて、周波数が高くなるのにしたがって群遅延時間が大きくなるような構成とした弾性波素子において、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性の無い圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項9】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させて、周波数が高くなるのに従って遅延時間が小さくなるような構成とした弾性波素子において、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性の無い圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項10】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させた構成の弾性波素子において、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設けたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項11】電気信号と弾性波との交換を行うすだれ状電極の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させて、周波数が高くなるのに従って遅延時間が大きくなるような構成とした弾性波素子において、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板と

の境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項12】電気信号と弾性波との変換を行うすだれ状の少なくとも一つ以上に、電極指配列間隔を徐々に変化させて、周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が小さくなるような構成とした弾性波素子において、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにしたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項13】電気信号と弾性波との変換を行うすだれ状電極の電極指を弾性波伝搬方向と垂直な方向にずらして、任意の弾性波伝搬径路上の弾性波が横切る電極指数の低減を図ったスラント電極を入出力電極のうちの少なくとも一つ以上用い、上記スラント電極と上記スラント電極の信号取出し電極との境界部や、上記信号取出し電極の対向する電極側の端面での屈折により、弾性波の波面や伝搬方法が所要の方向からずれるのを、上記取出し電極の対向する電極側の形状によって補正する弾性波素子において、

弾性波素子の通過帯域の下限周波数を $f_1$ 、上限周波数を $f_2$ とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を $W_0$ とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を $V_{IDT}$ とし、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角度を $\theta$ としたときに、

$$f_2 < V_{IDT} / (W_0 \cdot \sin \theta)$$

あるいは、 $n$ を整数として、

$$f_2 / n < V_{IDT} / (W_0 \cdot \sin \theta) < f_1 / (n-1)$$

を満足するように、上記取出し電極の対向する電極側の形状を定めたことを特徴とする弾性波素子。

【請求項14】電気信号と弾性波との変換を行うすだれ状電極の電極指を弾性波伝搬方向と垂直な方向にずらして、任意の弾性波伝搬径路上の弾性波が横切る電極指数の低減を図ったスラント電極を入出力電極のうちの少なくとも一つ以上用い、上記スラント電極と上記スラント電極の信号取出し電極の境界部や、上記取出し電極の対向する電極側の端面での屈折により、弾性波の波面や伝搬方法が所要の方向からずれるのを、上記すだれ状電極の間に配置したシールド電極側の形状によって補正する弾性波素子において、

弾性波素子の通過帯域の下限周波数を $f_1$ 、上限周波数を $f_2$ とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を $W_0$ とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を $V$

$_{IDT}$ とし、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状電極に達したときの出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角を $\theta$ としたときに、

$$f_2 < V_{IDT} / (W_0 \cdot \sin \theta)$$

あるいは、 $n$ を整数として、

$$f_2 / n < V_{IDT} / (W_0 \cdot \sin \theta) < f_1 / (n-1)$$

を満足するように、上記シールド電極の形状を定めたことを特徴とする弾性波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、弾性波を利用したフィルタ、遅延線、分散型遅延線に関する。

【0002】

【従来の技術】弾性波素子は、圧電体材料の表面で弾性波を発生することによって、アナログ信号のフィルタリングや遅延等を行うものである。

【0003】図36には、実開昭60-66118号公報で開示された従来の広帯域型弾性波素子が示されている。同図において、圧電体材料の上面には、一対のすだれ状（ないし、くし型）電極が互いに逆向きで形成され、すなわち、入力電極としてのすだれ状電極1a及び出力電極としてのすだれ状電極1bが形成されている。各すだれ状電極は、互いに所定間隔をもって平行に形成された長方形の複数の電極指2と、それらの電極指2の基端に共通接続された一対の取出し電極3と、で構成されている。図示のように、一対の取り出し電極の内的一方は電気端子4に接続され、他方は接地端子5に接続されている。

【0004】かかる弾性波素子において、例えば左側の入力側すだれ状電極1aで弾性波が発生され、その弾性波は右側の出力側すだれ状電極1bで受波される。具体的に説明すると、電気端子4に印加された電気信号により、電気端子4に接続された電極指2と接地端子5に接続された電極指2とが交差する部分（以下、交差部と称する）で電界が発生される。すだれ状電極1は、圧電体材料の表面に形成されているため、上記電界により、上記圧電体材料は歪みを生じ、これが弾性波となって励振され、上記交差部に対し垂直な方向に伝搬する。そして、出力側すだれ状電極1bの側に伝搬してきた弾性波は、励振と逆の過程を経て、再び電気信号に変換され、電気端子4より電気信号として取り出される。

【0005】ここで、電極指の番号を $i$ とし、電極指 $i$ の幅を $L_i$ とし、電極指 $i$ と電極指 $i+1$ の中心間距離を $D_i$ （以下、電極指配列間隔と称する）とし、電極指 $i$ と電極指 $i+1$ との間隙の長さを $S_i$ とすると、これらの間には、図36から明らかなように以下の関係がある。

【0006】

5

$$D_i = S_i + (L_i + L_{i+1}) / 2$$

各交差部では、電極指配列間隔 $D_i$ が2分の1波長となる周波数 $f_i$ （以下、中心周波数と称する）になつた時に最も弾性波が強く励振される。このため、すだれ状電極1にて広い周波数範囲にわたって電気信号と弾性波との変換ができるように、図36のすだれ状電極1は、電極指配列間隔 $D_i$ を徐々に変化させている。つまり、このようなすだれ状電極1を用いれば、広い周波数範囲にわたる通過帯域を得られる。

【0007】図37には、上記出力側すだれ状電極1bにおける交差部の位置 $X_i$ と、各交差部 $i$ における中心周波数 $f_i$ との関係が例示されている。ここで、交差部 $i$ は、電極指 $i$ と電極指 $i+1$ とで構成される交差部を意味し、その位置 $X_i$ は、電極指 $i$ の中心位置と電極指 $i+1$ の中心位置との中間とする。図中、横軸は交差部 $i$ の位置 $X_i$ であり、縦軸は交差部 $i$ の中心周波数 $f_i$ である。

【0008】図37に示すように、位置 $X_i$ に対して、中心周波数 $f_i$ が線形に変化している。換言すれば、図36の出力側すだれ状電極1bの左端を基準として、中\*20

$$f_i = H(X_i)$$

例えば、通過帯域の周波数 $f_L$ を励振する交差部の位置を $X_L$ とすると、図37に示したような中心周波数 $f_i$ が位置 $X_i$ に対して直線的に変化する場合の関係は、次※

$$f_i = f_L + \alpha(X_i - X_L)$$

ここで、 $\alpha$ は定数であり、すだれ状電極の分散特性を決定する量である。電極指配列間隔 $D_i$ は、音速を $V_s$ と★

$$f_i = V_s / (2D_i)$$

電極指配列間隔 $D_i$ と交差部 $i$ の位置 $X_i$ との関係は、

例えば上記式3が成り立つ場合には、次の式5のように☆30

$$D_i = (1/2) \times V_s / (f_L + \alpha(X_i - X_L)) \quad \dots (式5)$$

図37、38では、グラフを線として連続的に描いたが、実際には、交差部の位置 $X_i$ と次の交差部の位置 $X_{i+1}$ とは電極指配列間隔 $D_i$ 離れており、各交差部の位置 $X_i$ は離散的な量である。ここで、図36に示した弾性波素子が良好な特性、すなわち、帯域内通過特性、および、群遅延時間特性に不要なリップルがない特性を実現するには、上記のような離散的な交差部の位置 $X_i$ に対する中心周波数 $f_i$ や電極指配列間隔 $D_i$ が、図37、38に示したような連続的なグラフとしてみなせる状態であることが必要である。すなわち、各交差部 $i$ の中心周波数 $f_i$ や電極指配列間隔 $D_i$ が徐々に変化することが必要である。

【0015】その場合、弾性波素子として必要な分散時間が小さいような、すだれ状電極1の電極指数が少ない場合には、電極指配列間隔 $D_i$ の変化量が大きくなり、なめらかな分散特性を実現できない。

【0016】弾性波素子として必要な分散時間が大きい場合には、すだれ状電極1の高い周波数を励振する領域、すなわち、電極指配列間隔 $D_i$ の小さい領域での隣◆50

6

…(式1)

\*心周波数 $f_i$ の弾性波が交差部 $i$ に至るまでの遅延時間を $\tau_i$ とすると、中心周波数 $f_i$ に対して、遅延時間 $\tau_i$ は直線的に変化する。

【0009】図36に示した弾性波素子は、入力側すだれ状電極1aと出力側すだれ状電極1bとは、互いに線対称な形で配置されているので、周波数によって遅延時間が変化する分散型遅延線として動作する。このときの帯域幅 $\Delta f_{IDT}$ にわたる遅延時間 $\tau_i$ の変化量が分散時間であり、入出力すだれ状電極1のそれぞれの分散時間の和が弾性波素子としての分散時間 $\Delta \tau$ となる。

【0010】なお、図示していないが、入出力すだれ状電極1の電極指配列間隔の変化が同じ方向になるように同一向きで配置すると、入力側すだれ状電極1aでの分散特性を出力側すだれ状電極1bで相殺するように動作するので、弾性波素子は周波数によらず遅延時間一定の広帯域フィルタ、あるいは、遅延線として動作する。さて、中心周波数 $f_i$ が交差部の位置 $X_i$ に対して、以下に示す式2の関係で変化するものとする。

【0011】

…(式2)

※の式3で示される。

【0012】

…(式3)

★して中心周波数 $f_i$ と次の式4に示す関係にある。

【0013】

…(式4)

☆なり、図38のような変化を示す。

【0014】

◆合う交差部 $i$ の間の電極指配列間隔 $D_i$ の差が微小な構造となる。しかし、実際に、弾性波素子を製造するときには、すだれ状電極の寸法は、一段に製造上の要請から最小寸法単位 $Q$ の整数倍として設定され、その場合、上記最小寸法単位 $Q$ を小さくすることは、より高精度な製造工程を経ることであり、製造コスト上昇の原因となるので $Q$ には制限がある。

【0017】例えば、図39は、最小寸法値 $D_{min}$ を設定した場合の電極指配列間隔 $D_i$ を示している。図中、横軸は電極指番号 $i$ であり、縦軸は各電極指 $i$ の電極指配列間隔 $D_i$ である。細線は、図38に示したような連続的に変化した電極指配列間隔 $D_i$ 6であり、この電極指配列間隔 $D_i$ 6に近いほど、良好な特性を示す。階段状の太線は、最小寸法値が $D_{min}$ の場合の電極指配列間隔 $D_i$ 7である。図36に示すすだれ状電極1の場合では、電極指幅 $L_i$ 、および、電極指間の間隙 $S_i$ が、それぞれ、中心周波数 $f_i$ の弾性波の波長 $\lambda_i$ の4分の1であり、電極指配列間隔 $D_i$ は波長 $\lambda_i$ の2分の1だから、電極についての最小寸法値 $D_{min}$ は、基本的には

最小寸法単位Qの2倍となる。

【0018】例えば、図49に示すように、隣合う各電極指2の幅と電極指2間の間隙を同じとした場合に、電極指配列間隔 $D_i$ を6Qから8Qに変化させた時の電極指幅、間隙長、電極指配列間隔の値の変化を考える。図中に示すように、変化開始点のとり方によって配列A、Bのように2通りの変化が考えられる。過渡的に、電極指配列間隔が6Qと8Qの中間の値となる部位が存在し、この部位では隣合う各電極指2の幅と間隙長との比が他の部位と異なっているが、これは、電極指配列間隔を徐々に変化させた場合には必然的に生じるのであり、この部位が連続して存在することはない。すなわち、図4に示すように、寸法最小単位を考慮しない場合の各電極指配列間隔を6とした場合に、最小寸法単位Qを考慮した場合の各電極指配列間隔は7のように値が2Q間隔の階段状の値となる。 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ はそれぞれ同じ電極指配列間隔が連続する領域であり、 $P_1$ から $P_2$ および、 $P_2$ から $P_3$ へ移行する部位に、過渡的に、 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ と異なる電極指配列間隔が存在している。例えば、 $P_2$ における電極指配列間隔が8Qである

とすると、 $P_2$ から $P_3$ へ移行する部位での各寸法が、図4に示した値となる。

【0019】図39を見ると、電極指配列間隔 $D_i$ が小さい領域ほど、同じ電極指配列間隔となる電極指数が多くなっているのがわかる。電極指配列間隔 $D_i$ が最小電

$$\Delta f z = f_0 / N$$

電極指配列間隔 $D_i$ を連続的に変化させた場合のすだれ状電極1の電気信号と弾性波との変換効率は、図40に示すようになる。図中、横軸は周波数であり、縦軸は変換効率である。8は電極指配列間隔 $D_i$ の異なる各交差部毎の変換効率であり、9は各交差部毎の変換効率8を加算したすだれ状電極1全体の変換効率である。

【0023】各交差部iの変換効率8は、式6から、その交差部iの電極指配列間隔 $D_i$ から求められる中心周波数 $f_i$ にて効率最大となる。また、各交差部i毎に電極指配列間隔 $D_i$ が異なるため、電極指対数Nを0.5とした極めて広帯域な特性である。したがって、すだれ状電極1全体の変換効率9は、中心周波数 $f_i$ が僅かずつ変化する各交差部iの変換効率8を全ての交差部について合計した特性であるので、適切な設計を行うことにより、全体として所要帯域にわたり平坦な変換効率を実現することができる。

【0024】一方、例えば、高い周波数にて同じ電極指配列間隔が連続するような場合（同一構成の交差部が連続する場合）は、図41に示す特性となる。図中、横軸、縦軸は図40の場合と同じである。8は図40と同様に、電極指配列間隔 $D_i$ が異なる各交差部の変換効率であり、10は同じ電極指配列間隔が連続する交差部の変換効率である。

【0025】同じ電極指配列間隔が連続する交差部の変換

\* 電極指配列間隔 $D_{\min}$ に近いほど、ある電極指配列間隔 $D_i$ に最小電極指配列間隔 $D_{\min}$ を加えたり、引いたりした場合の中心周波数 $f_i$ の変化する割合が大きくなるためである。

【0020】同じ電極指配列間隔Dが連続した電極指N対、すなわち、電極指数 $2N+1$ 本のすだれ状電極1が、電気信号を弾性波に変換する効率 $G(f)$ は、文献（以下、文献甲とする）“弾性表面波工学”、電子通信学会発行、1985年6月、pp. 62-66中にて述べられているように、式6のようになる。

【0021】

【数1】

$$G(f) = G_0 \times \left( \frac{\sin[N\pi\Delta f/f_0]}{[N\pi\Delta f/f_0]} \right)^2 \quad \dots (式6)$$

ここで、 $f_0$ は中心周波数であり、式4を用いて電極指配列間隔 $D_i$ から求められる、 $\Delta f$ は周波数 $f$ と中心周波数 $f_0$ との差であり、 $G_0$ は周波数 $f$ が中心周波数 $f_0$ に等しいときの変換効率である。式6からわかるように、同じ電極指配列間隔Dが連続する領域を有するすだれ状電極1では、周期的に、電気信号と弾性波との変換が行われない周波数が存在し、式7に示すように、電極指数Nが多いほど、電気信号と弾性波との変換が行われない周波数間隔 $\Delta f z$ が小さくなり、帯域も狭くなる。

【0022】

$$\dots (式7)$$

※換効率10は帯域が狭く、また、同じ電極指配列間隔が連続する交差部の中心周波数は、隣合う電極指配列間隔 $D_i$ が異なる交差部の中心周波数との差が大きくなる。

この結果、各交差部の変換効率8、10を合計したすだれ状電極1全体の変換効率9は、帯域内に大きなリップルを生じる。変換効率の変動は、直接、図36に示したような弾性波素子を構成した場合の通過特性に反映されるため、帯域内リップルの大きい弾性波素子となってしまう。

【0026】実際は、図40、41に示した場合よりもはるかに多くの電極指から構成されるため、例えば、図36に示したような電極指配列間隔が徐々に変化するような弾性波素子の理想的な通過特性が図42であるとする、電極指配列間隔にある最小値 $D_{\min}$ が存在し、図43に示すような高周波数を励振する交差部11の電極指配列間隔が同じであるような場合には、図44に示すような帯域内リップルが通過電力、群遅延時間の両方に発生し、弾性波素子としての性能を劣化させる問題があった。

【0027】よって、最小寸法値という制約の下で、各交差部の中心周波数の一致等を回避できる構成が要望されていた。

【0028】従来のすだれ状電極としては、特開平3-132208号公報に示された図45の構成や、特開昭

62-200811号公報に示された図46の構成がある。図45、および、図46は、すだれ状電極の一部の中心周波数が $f_0$ であり、中心周波数 $f_0$ のときの弾性波の波長が $\lambda_0$ である電極指2を示している。図45の弾性波素子のすだれ状電極は、幅が $\lambda_0/8$ の電極指2と、幅が $\lambda_0/4$ の電極指2とから構成され、 $\lambda_0$ 間隔を1周期として、幅が $\lambda_0/8$ の電極指2と幅が $\lambda_0/4$ の電極指2のそれぞれ1本ずつが、同電位で互いに隣合った位置となるように配列されている。図46のすだれ状電極は、幅が $\lambda_0/8$ の電極指2から構成され、同電位で互いに隣合った位置に配列されている3本の電極指2のうちの2本が、接続電極12で接続されている。

【0029】図45、および、図46の弾性波素子は、幅 $\lambda_0/8$ の電極指2を用いており、中心周波数 $f_0$ の弾性波の波長 $\lambda_0$ を決めるのは、各電極指2の配列間隔ではなく、弾性波の波長 $\lambda_0$ 間隔内の4本の電極指2毎の電極指配列周期である。この構造において、各電極指2の寸法単位がQであるとき、電極指2配列周期の最小値は6Qとなり、図36に示した従来のこの種の弾性波素子の場合よりも、電極指2の最小寸法単位Qの影響をより大きく受けるため、弾性波素子としての性能を劣化させる。

【0030】また、従来のすだれ状電極として、特開平3-228418号公報や特開平1-166609号公報に示された図47の構成がある。図中、13は同電位の2本を1対とした電極指であり、各電極指対が交差する構造となっている。各電極指13の配列間隔の2倍が1対の電極指13の中心間距離 $D_i$ であり、この中心間距離 $D_i$ の2倍が中心周波数 $f_i$ における弾性波の波長 $\lambda_i$ となる。また、各電極指13対の交差部における弾性波の励振強度を可変させるために、上記中心間距離 $D_i$ に対する電極指幅を可変させているが、電極指13の\*

$$X_{BC}/X_{AB} = V_m / (V_f - V_m) \times (V_f / V_{IDT} - 1) \quad \dots (式8)$$

ここで、 $X_{AB}$ は点AB間の距離、 $X_{BC}$ は点BC間の距離、 $V_f$ は弾性波の自由表面での伝搬速度、 $V_m$ は弾性波の取り出し電極上での伝搬速度、 $V_{IDT}$ は弾性波の電極指2が配列されている領域での伝搬速度である。図48に示したように、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15が直線的である場合には、内側の取り出し電極3bの端面16は直線的な構造となる。式8を満足するように、内側取り出し電極3bの端面16の形状を決定することにより、弾性波の伝搬速度 $V_f$ 、 $V_m$ 、 $V_{IDT}$ が異なることによる弾性波の波面の乱れを防ぐことができる。

【0034】従来のこの種の弾性波素子では、式8により、弾性波の伝搬速度 $V_f$ 、 $V_m$ 、 $V_{IDT}$ が異なることによる弾性波の波面の乱れを防いでいた。式8は、弾性波の伝搬速度 $V_f$ 、 $V_m$ 、 $V_{IDT}$ と、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15の形状を決定すれば、一意的に、内側の取り出し電極3bの端面16の形状が決

\*中心間距離 $D_i$ と上記中心間距離 $D_i$ に対する電極指幅の比とは無関係である。

【0031】図47の弾性波素子では、電極指13の中心間距離 $D_i$ が弾性波の中心周波数 $f_i$ を決定する。電極指13の中心間距離 $D_i$ の最小値は、電極指13の最小寸法単位Qの4倍であり、これは、図36に示した弾性波素子の場合よりも、電極指2の最小寸法単位Qの影響をより大きく受けるため、弾性波素子としての性能を劣化させる。

10 【0032】図48は、特開昭56-149817号公報に示された従来の弾性波素子を示す図である。図48では、すだれ状電極1の取り出し電極のうち、各入出力すだれ状電極1から見て、外側の取り出し電極3aを電気端子4に接続し、内側の取り出し電極3bを接地端子に接続するものとする。電極指2が弾性波の伝搬経路14に垂直な方向にずらして配置された、いわゆるスラント電極を用いているため、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15は、弾性波の伝搬経路14に対して角度 $\theta_{IDT}$ の傾斜を有する。このような傾斜構造とすることにより、任意の伝搬経路14を伝搬する弾性波が横切る電極指2の数が低減され、電極指2における弾性波の反射や、不要波の励振等の悪影響を低減することができる。このとき、弾性波の任意の伝搬経路14と、出力側すだれ状電極1bに最も近い入力側すだれ状電極1aの電極指2から弾性波の伝搬経路14に下した垂線との交点をAとし、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15との交点をBとし、内側の取り出し電極3bの端面16との交点をCとすると、図48に示した従来のこの種の弾性波素子は、式8を満足するように、内側の取り出し電極3bの端面16の形状を決めている。

【0033】

※定されていた。このため、弾性波の伝搬速度 $V_f$ 、 $V_m$ 、 $V_{IDT}$ 等が材料によって異なると、式8の右辺の値に誤差が生じ、式8の条件が満足されなくなる。その結果、弾性波の波面が乱れ、弾性波素子の特性が劣化していた。

【0035】

40 【発明が解決しようとする課題】この発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、すだれ状電極の構成に、製造コスト低減のため最小寸法単位を設定しても、各交差部の特性の一致を回避して、素子全体の特性を改善できる弾性波素子を提供することにある。

【0036】また、この発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、所要の分散特性を実現するための電極指数が多い場合でも、所要の特性を実現できる弾性波素子を提供することにある。

【0037】また、この発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、所要の分散特性を実現するため



の電極指数が少ない場合でも、所要の特性を実現できる弾性波素子を提供することにある。

【0038】また、この発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、設計時に使用する弾性波の伝搬速度に誤差があっても、所要の特性を実現できる弾性波素子を提供することにある。

【0039】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率を変えた領域を有するようにした。

【0040】第2の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を徐々に小さくした。

【0041】第3の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を乱数的に変化させた。

【0042】第4の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有するようにした。

【0043】第5の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計に対して、上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計の比率を、徐々に大きくした。

【0044】第6の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計と上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計との比率を、乱数的に変化させた。

【0045】第7の発明に係る弾性波素子では、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面\*

$$f_2 < V_{IDT} / (W_0 \cdot \sin \theta)$$

あるいは、nを整数として、

\*に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設けた。

【0046】第8の発明に係る弾性波素子では、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにした。

【0047】第9の発明に係る弾性波素子では、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにした。

【0048】第10の発明に係る弾性波素子では、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設けた。

【0049】第11の発明に係る弾性波素子では、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにした。

【0050】第12の発明に係る弾性波素子では、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにした。

【0051】第13の発明に係る弾性波素子では、弾性波素子の通過帯域の下限周波数を  $f_1$ 、上限周波数を  $f_2$  とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を  $W_0$  とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を  $V_{IDT}$  とし、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角度を  $\theta$  としたときに、

$$\dots (式9)$$

13

$$f_2 / n < V_{IDT} / (W_0 \cdot \sin \theta) < f_1 / (n-1) \quad \dots (式10)$$

を満足するように、取出し電極の対向する電極側の形状を定めた。

【0052】第14の発明に係る弾性波素子では、弾性波素子の通過帯域の下限周波数を  $f_1$ 、上限周波数を  $f_2$ 、とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を  $W_0$  とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を  $V_{IDT}$  と、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状電極に達したときの出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角度を  $\theta$  としたときに、式9で示される条件か、あるいは、 $n$  を整数として、式10で示される条件を満足するように、上記シールド電極の形状を定めた。

【0053】

【作用】この第1の発明の弾性波素子では、電極指配列間隔が同じ交差部グループにおいて、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率を変えた領域を有するようにした。電極指の部分と、電極指間の間隙の部分とでは、弾性波の伝搬速度が異なるため、電極指配列間隔が同じでも、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率を変えることにより、弾性波の中心周波数を変化させることができる。また、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率を変えることにより、電極指の最小寸法単位と同じ値の電極指配列間隔最小値にて電極指配列間隔を変えることができる。このため、同じ中心周波数の電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0054】この第2の発明の弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を徐々に小さくした。電極指の部分は、電極指間の間隙の部分よりも、弾性波の伝搬速度が遅いため、電極指配列間隔が同じでも、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率を小さくすることにより、等価的に、中心周波数を高くすることができる。電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向は、中心周波数が徐々に高くなる方向であるから、これと同じ方向で、電極指配列間隔が同じ部分の中心周波数を徐々に高くすることができ、同じ中心周波数の電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0055】この第3の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を乱数的に変化させた。電極指の部分と、電極指間の間隙の部分とでは、弾性波の伝搬速度が異なるため、電極指配列間隔が同じでも、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率を変えることにより、弾性波の中心周波数を変化させることができる。このため、\*

14

\* 隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を乱数的に変化させることにより、同じ中心周波数の電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0056】この第4の発明に係る弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する電極指を有するようにした。電極指の部分と電極指間の間隙の部分とでは、弾性波の伝搬速度が異なるため、電極指配列間隔が同じでも、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率が変化する。すなわち、電極指幅が変化する段付き電極指を用いると、等価的に、中心周波数の異なる交差部を並列接続したように動作する。このため、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を用いることにより、同じ中心周波数の電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0057】この第5の発明の弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計に対して、上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計の比率を、徐々に大きくした。電極指の部分は、電極指間の間隙の部分よりも、弾性波の伝搬速度が遅い。このため、電極指配列間隔が同じでも、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率が小さい。すなわち、電極指幅が狭い電極指を用いると、等価的に、中心周波数を高くしたように動作する。このため、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計と上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計との比率を、徐々に小さくすることにより、等価的に、中心周波数が徐々に高くなる。この結果、同じ中心周波数の電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0058】この第6の発明の弾性波素子では、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計と上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計の比率を、乱数的に変化

させた。電極指の部分と電極指間の間隙の部分とでは、弾性波の伝搬速度が異なるため、電極指配列間隔が同じでも、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率が変化する。すなわち、電極指幅が変化する電極指を用いると、等価的に、中心周波数の異なる交差部を並列接続したように動作する。このため、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が乱数的に変化する電極指を用いることにより、同じ中心周波数の電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0059】この第7の発明に係る弾性波素子では、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設けた。薄膜の分散特性により、弾性波の伝搬路が周波数によって伝搬速度が異なる特性を有する。このため、所要の特性を実現するのに必要なすだれ状電極の電極指数が、少なすぎたり、多すぎたりして良好な特性を実現できない場合でも、薄膜の分散特性を利用することにより、弾性波素子の分散特性をすだれ状電極と薄膜の分散特性の両方で分担することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。さらに、電極指の最小寸法単位によって同じ電極指配列間隔が連続する場合でも、薄膜の分散特性によって、群遅延特性は周波数によって変化させることが可能なため、群遅延時間のリップルを低減した弾性波素子を得ることができる。

【0060】この第8の発明の弾性波素子では、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにした。このため、周波数が高い交差部において、隣合う交差部間での所要の電極指配列間隔差の値を大きくすることができ、電極指寸法に最小寸法単位があっても、同じ電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0061】この第9の発明に係る弾性波素子では、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにした。このため、電極指数が少ないことにより、隣合う電極指配列間隔の変化量が大きくなり、なめらかな分散特性を実現できなくなるのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0062】この第10の発明に係る弾性波素子では、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設けた。薄膜の分散特性により、弾性波の伝搬路が周波数によって伝搬速度が異なる特性を有する。このため、所要の特性を実現するのに必要なすだれ状電極の電極指数が、少なすぎたり、多すぎたりして良好な特性を実現できない場合でも、薄膜の分散特性を利用することにより、弾性波素子の分散特性をすだれ状電極と薄膜の分散特性の両方で分担することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。さらに、電極指の最小寸法単位によって同じ電極指配列間隔が連続する場合でも、薄膜の分散特性によって、群遅延特性は周波数によって変化させることが可能なため、群遅延時間のリップルを低減した弾性波素子を得ることができる。

【0063】この第11の発明の弾性波素子では、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにした。このため、周波数が高い交差部において、隣合う交差部間での所要の電極指配列間隔差の値を大きくすることができ、電極指寸法に最小単位があっても、同じ電極指配列間隔が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0064】この第12の発明に係る弾性波素子では、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにした。このため、電極指数が少ないことにより、隣合う電極指配列間隔の変化量が大きくなり、なめらかな分散特性を実現できなくなるのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0065】この第13の発明に係る弾性波素子では、弾性波素子の通過帯域の下限周波数を  $f_1$ 、上限周波数を  $f_2$  とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を  $W_0$  とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を  $V_{IDT}$  とし、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状電極に達したときの出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角度を  $\theta$  としたときに、式9で示される条件か、あるいは、 $n$  を整数として、式10で示される条件を満足するように、取出し電

極端面の形状を定めた。出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角 $\theta$ は、入力側すだれ状電極の取り出し電極の構造と、出力側すだれ状電極の取り出し電極の形状により一意的に決まるから、出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角 $\theta$ の条件が範囲を有するということは、上記入出力すだれ状電極の各取り出し電極の形状に範囲を持つことが可能となることである。このため、弾性波の伝搬速度が材料によってばらつきを持っていたとしても、そのばらつきの範囲に対応した上記取り出し電極の形状を適切に決定することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができ

【0066】この第14の発明の弾性波素子では、弾性波素子の通過帯域の下限周波数を $f_1$ 、上限周波数を $f_2$ とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を $W_0$ とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を $V_{IDT}$ とし、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状で電極に達したときの出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角 $\theta$ としたときに、式9で示される条件か、あるいは、 $n$ を整数として、式10で示される条件を満足するように、上記シールド電極の形状を定めた。出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角 $\theta$ は、入出力すだれ状電極の各取り出し電極の構造と、入出力すだれ状電極間に配置されたシールド電極の形状により一意的に決まるから、出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角 $\theta$ の条件が範囲を有するということは、上記シールド電極の形状に範囲を持つことが可能となることである。このため、弾性波の伝搬速度が材料によってばらつきを持っていたとしても、そのばらつきの範囲に対応した上記シールド電極の形状を適切に決定することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができ

【0067】

【実施例】

実施例1. 図1は、この発明の実施例1に係る弾性波素子を示す図である。

【0068】圧電材料の上面には、入力側すだれ状電極1a及び出力側すだれ状電極1bが形成され、各すだれ状電極は、複数の電極指2と、それらの電極指2の基端に共通接続された一対の取り出し電極3と、で構成され、一方の取り出し電極には電気端子4が接続され、他方の取り出し電極には接地端子5が接続されている。電気端子4に接続された複数の電極指2と接地端子\*

$$\tau_i = 1/2 \times ((L_i + L_{i+1})/V_1) + S_i/V_2 \quad \dots (式11)$$

そして、電極指配列間隔 $D_i$ を伝搬するのに要する遅延時間が $\tau_i$ のときの中心周波数 $f_i$ は、式12となる。※

$$f_i = 1/(2\tau_i) \quad \dots (式12)$$

式11、式12からわかるように、電極指2の部分での弾性波の伝搬速度 $V_1$ と電極指間の間隙の部分での弾性波の伝搬速度 $V_2$ とが異なるために、電極指幅 $L_i$ と間★50

\*に接続された複数の電極指2とが互いに交差し、弾性波は各交差部に垂直な方向に伝搬する。入力側すだれ状電極1aの電極指配列間隔は、出力側すだれ状電極1bに遠い方から近い方に向けて、徐々に小さくなっており、出力側すだれ状電極1bの電極指配列間隔は、入力側すだれ状電極1aと対称になっている。ここで、隣合う各電極指2の幅と電極指2間の間隙は、ほぼ同じとなるように構成しているのは、従来のこの種の弾性波素子と同じである。

【0069】ただし、従来の弾性波素子のように、電極指配列間隔が小さいところで、隣合う各電極指2の幅と電極指2間の間隙をほぼ同じとすると、電極指幅の最小寸法値があるために、同じ電極指配列間隔が多くなるので、この発明の実施例1に係る弾性波素子では、領域11のように、隣合う各電極指2の幅と電極指2間の間隙の比率に変化をもたせている。

【0070】すなわち、この実施例の弾性波素子では、電極指幅及び電極指間隔がともに最小寸法単位の整数倍に設定されることを前提として、同じ配列間隔のところにおいて、各交差部における電極指幅及び電極指間隔の大きさの組み合わせを相互に異ならせている。これによって、交差部全体の中で幾何学的に同一の構成を有する交差部が生じるのを防止でき、隣接する電極指で構成される各交差部の中心周波数を相互に異ならせることが可能となる。

【0071】図2は、図1に示したこの発明の実施例1に示した弾性波素子の入力側すだれ状電極1aの電極指配列間隔が小さくなり、隣合う各電極指2の幅と電極指2間の間隙の比率を変化させた領域11を拡大して示している。図中、電極指番号を $i$ とし、電極指番号 $i$ の電極指2の幅を $L_i$ とし、電極指番号 $i$ と電極指番号 $i+1$ 間の電極指中心間距離を $D_i$ とし、電極指番号 $i$ と電極指番号 $i+1$ 間の間隙長を $S_i$ とする。電極指幅の最小寸法単位を $Q$ とし、それが破線で示されている。各電極指2は、上記破線上が端縁となる。

【0072】ここで、電極指配列間隔 $D_i$ と、中心周波数 $f_i$ との関係を詳細に説明する。電極指2間の弾性波の伝搬速度は、電極指2の部分と電極指間の間隙の部分とで異なる。電極指2の部分での弾性波の伝搬速度を $V_1$ 、電極指間の間隙の部分での弾性波の伝搬速度を $V_2$ とすると、電極指配列間隔 $D_i$ を伝搬するのに要する遅延時間 $\tau_i$ は、次の式11にて与えられる。

【0073】

※【0074】

★隙長 $S_i$ の比率を変えることにより、電極指2間の遅延時間 $\tau_i$ が変化し、中心周波数 $f_i$ を変えることができる。電極指2の部分での弾性波の伝搬速度 $V_1$ が、導体

19

で基板表面を被った場合の伝搬速度 $V_0$ に等しく、電極指間の間隙の部分での弾性波の伝搬速度 $V_2$ が、自由表面での伝搬速度 $V_f$ に等しいとすると、伝搬速度 $V_1$ 、\*

$$k^2 = 2(V_2 - V_1) / V_2$$

式13を書き換えると、式14が得られる。

$$V_1 = (1 - k^2 / 2) V_2$$

式14を式11に代入して整理すると、式15を得る。

【0077】

【数2】

$$\tau_i = \left\{ \frac{L_i + L_{i+1}}{2(1 - k^2)} + S_i \right\} \frac{1}{V_2} \quad \dots (式15)$$

式15は、 $(L_i + L_{i+1}) / 2$ と $S_i$ との比率が変化すれば、その和である電極指配列間隔 $D_i$ が一定でも、電極指間の遅延時間 $\tau_i$ が変化することを示している。したがって、電極指幅 $L_i$ 、 $L_{i+1}$ と電極指 $L_i$ 、 $L_{i+1}$ 間の間隙長 $S_i$ との比率を変えることにより、その交差部 $i$ の中心周波数 $f_i$ を変化させることができるのである。図1に示したように、例えば、入力側すだれ状電極1aの電極指配列間隔が、出力側すだれ状電極1bに近付くほど小さくなる場合に、最小寸法単位 $Q$ のために同じ電極指配列間隔が連続する領域11にて電極指幅 $L_i$ と電極指間の間隙長 $S_i$ との比率を、出力側すだれ状電極1bに近い方ほど小さくすれば、実効的に、各交差部での遅延時間 $\tau_i$ を少しずつ小さくすることになるため、同じ遅延時間の交差部が連続することによる特性の劣化を防ぐことができる。

【0078】実施例2。(第1実施例の具体例)

図3は、この発明の実施例2の弾性波素子における電極指配列間隔を示した例である。図3は、例として、電極指配列間隔 $D_i$ が8Qから6Qまでの選択可能な電極指幅 $L_i$ と電極指間の間隙長 $S_i$ を示している。図中の数値は、全て、最小寸法単位 $Q$ で割った値を示している。図中、電極指幅は交差部をさんだ2つの電極指幅の和 $(L_i + L_{i+1})$ を示しており、例えば、電極指幅の和 $(L_i + L_{i+1})$ が4のときの $L_i$ と $L_{i+1}$ の組み合わせを $(L_i, L_{i+1})$ として表すと、電極指の和 $L_i + L_{i+1}$ が4のときは、 $(1, 3)$ 、 $(2, 2)$ 、 $(3, 1)$ の3通りが考えられる。したがって、各電極指 $L_i$ 、 $L_{i+1}$ と電極指 $L_i$ 、 $L_{i+1}$ 間の間隙長 $S_i$ の組

み合わせは、図3に示した場合よりも多い。  
【0079】図3に示したこの発明の実施例2の弾性波素子で実現可能な電極指配列間隔の一例では、最小寸法単位 $Q$ に対して、電極指配列間隔 $D_i$ は、0.5Q間隔の任意の間隔で設定可能である。これに対して、図49に示した従来のこの種弾性波素子で実現可能な電極指配列間隔では、過渡的に0.5Q間隔とすることはできず、実際に実現可能な電極指配列間隔 $D_i$ は2Qおきの値となる。すなわち、この発明の実施例2の弾性波素

20

\* $V_2$ と、基板の電気機械結合係数 $k^2$ の間には、式13の関係があることが、上記文献甲にて示されている。

【0075】

…(式13)

※【0076】

…(式14)

★子では、幅の大きさと間隙長との比率変化を活用したので、従来のこの種の弾性波素子に比べ、4倍細かい間隔で電極指配列間隔 $D_i$ を設定することができる。

10 【0080】図4は、例えば、この発明の実施例2の弾性波素子を用いた場合の電極指配列間隔 $D_i$ を示した図である。図中、横軸は電極指番号 $i$ であり、縦軸は電極指配列間隔 $D_i$ である。6は最小寸法単位 $Q$ を設定しない場合の従来のこの種の弾性波素子の電極指配列間隔 $D_i$ であり、17はこの発明の第2の実施例の弾性波素子に係る電極指配列間隔 $D_i$ である。

【0081】従来のこの種の弾性波素子の電極指配列間隔 $D_i$ 7に比べ、この発明の第2の実施例の弾性波素子に係る電極指配列間隔 $D_i$ 17は、電極指配列間隔 $D_i$ の変化量が小さく、より最小寸法単位 $Q$ を設定しない場合の連続的な電極指配列間隔 $D_i$ 6に近い変化を示す。この結果、この発明の第2の実施例に係る弾性波素子は、帯域内リップルの少ない良好な特性を得ることができる。

【0082】図5は、基板材料に、YカットZ伝搬ニオブ酸リチウムを用いた場合に、図3に示した電極指配列間隔における電極指間の遅延時間 $\tau_i$ を示している。図中、横軸は、図3に示した各電極指配列間隔 $D_i$ であり、各電極指配列間隔 $D_i$ の中での電極指幅の和 $(L_i + L_{i+1})$ と電極指間の間隙長 $S_i$ との各組み合わせの場合について示している。縦軸は電極指間の遅延時間 $\tau_i$ を示している。電気機械結合係数 $k^2$ は4.9%とした。黒い四角は従来この種の弾性波素子で実現可能な値であり、白い四角はこの発明の実施例2の弾性波素子にて実現可能な値である。

【0083】図3、図4でも示したように、この発明の第2の実施例に係る弾性波素子では、電極指配列間隔 $D_i$ を最小寸法単位を $Q$ としたときに、0.5Q間隔で設定することが可能である。さらに、この発明の第1の実施例に係る弾性波素子でも示したように、電極指における弾性波の伝搬速度と、電極指間の間隙における弾性波の伝搬速度が異なるために、電極指幅の和 $(L_i + L_{i+1})$ と電極指間の間隙長 $S_i$ との比率を変えることにより遅延時間 $\tau_i$ を僅かずつ変化させることができる。この僅かな変化を利用することにより、すだれ状電極1内での電極指配列間隔 $D_i$ の変化を従来のこの種の弾性波素子よりもより連続的に変化させることが可能である。例えば、電極指配列間隔 $D_i$ が7Qのときは、電極指幅の和 $(L_i + L_{i+1})$ を6、電極指間の間隙長 $S_i$ を1とすることにより、電極指配列間隔 $D_i$ が7Qのと

## 21

きに最も遅延時間 $\tau_i$ が長くなるようにし、電極指配列間隔 $D_i$ が $7.5Q$ のときは、電極指幅の和( $L_i + L_{i+1}$ )を $1.5$ 、電極指間の間隙長 $S_i$ を $6.5$ とすることにより、電極指配列間隔 $D_i$ が $7.5Q$ のときに最も遅延時間 $\tau_i$ が短くなるように設定することにより、図5に示すように、遅延時間差を $0.39Q/V_2$ とすることができる。従来のこの種の弾性波素子では、遅延時間 $\tau_i$ の差は $2.03Q/V_2$ であるから、この発明の実施例2の弾性波素子では、はるかに小さい遅延時間差を実現できるように、電極指2を配列することが可能である。

【0084】実施例3. 図6は、この発明の第3の実施例に係る弾性波素子のすだれ状電極1の一部を示す図である。図中、2は電極指であり、破線は最小単位 $Q$ の整数倍となる寸法位置である。各電極指2は、配列間隔 $D_i$ で配列されている。

【0085】図6に示したこの発明の第3の実施例に係る弾性波素子は、最小寸法単位 $Q$ があるために電極指配列間隔 $D_i$ が同じ値を連続してしまうような領域11において、電極指幅 $L_i$ を乱数的に変化させている。電極指幅 $L_i$ と電極指間の間隙長 $S_i$ との比率を変化させると、図5にて一例を示したように、電極指間の遅延時間 $\tau_i$ を変化させることができる。電極指間の遅延時間 $\tau_i$ を乱数的に変化させることにより、各交差部での中心周波数 $f_i$ も乱数的に変化する。各交差部の交換効率の和は、中心周波数 $f_i$ が乱数的に変化した特性の和であり、交換効率が最大となる周波数が全て重なることがなくなる。その結果、電極指間の遅延時間 $\tau_i$ が同じ交差部が連続する場合よりも、各交差部の交換効率の和の帯域幅が広くなり、隣合う交差部との交換効率の重なりがなめらかになり、すだれ状電極1の特性に生じるリップルを小さくすることができ、良好な特性の弾性波素子を得ることができる。

【0086】実施例4. 図7は、この発明の第4の実施例に係る弾性波素子の動作を説明する図である。図中、18は電極指幅を部分的に変化させた段付き電極指であり、19は電極指幅の太い部分でありその電極指幅を $M_i$ とし、20は電極指幅の細い部分でありその電極指幅を $L_i$ とする。 $W_0$ は電極指18の交差する部分の長さである。図7にて、破線は最小寸法単位 $Q$ の整数倍の位置を示すものとする。

【0087】電極指18間での特性は、電極指配列間隔 $D_i$ を弾性波が伝搬する遅延時間 $\tau_i$ で決まる。電極指18の部分での伝搬速度と、電極指間の間隙での伝搬速度は僅かに異なるから、電極指幅の細い部分20での遅延時間と、電極指幅の太い部分19での遅延時間は異なる値を有する。同じ電極指18に、電極指幅の細い部分20と電極指幅の太い部分19とがある場合には、各電極指18はそれぞれ同じ電位であるから、等価的に、電極指幅の細い部分20と同じ電極指幅 $L_i$ の電極指から

## 22

なる交差部と、電極指幅の太い部分19と同じ電極指幅 $M_i$ の電極指からなる交差部が電氣的に並列接続されているとみなすことができる。すなわち、上記交差部の特性は、電極指幅の細い部分20と同じ電極指幅 $L_i$ の電極指からなる交差部の特性と、電極指幅の太い部分19と同じ電極指幅 $M_i$ の電極指からなる交差部の特性との和とみなすことができる。したがって、各交差部について、電極指幅の細い部分20が交差している部分の交差幅の和と、電極指幅の太い部分19が交差している部分の交差幅の和との比率によって、交差部の特性を変化させることができ、電極指配列間隔 $D_i$ が同じでも、等価的に、異なる遅延時間の交差部を得ることができ、しかも、交差幅 $W_0$ は、各電極指幅に比べて通常かなり大きいから、電極指幅の細い部分20と太い部分19の比率はほぼ連続的に設定することができるため、ある電極指配列間隔 $D_i$ のときに、電極指幅を限界まで細くした場合の遅延時間から、電極指幅を限界まで太くした場合の遅延時間までの間を、ほぼ連続的に設定することができる。その結果、リップルの少ない良好な特性の弾性波素子を得ることができる。

【0088】実施例5. 図8は、この発明の実施例5に係る弾性波素子を示す図である。図中、電極指番号を $i$ とし、電極指番号が大きいほど、電極指幅の太い部分19に対する電極指幅の細い部分20の比率が大きくなっている。破線は、最小寸法単位 $Q$ の整数倍の位置を示すものとし、電極指 $i$ から $i+2$ までは、幅 $4Q$ の電極指18の一部が太くなっており、電極指 $i+4$ は、幅 $4Q$ の電極指の一部が細くなっている。

【0089】電極指幅の細い電極指からなる交差部は、電極指幅の太い電極指18からなる交差部よりも、電極指配列間隔 $D_i$ を伝搬するときの遅延時間 $\tau_i$ が小さい。すなわち、中心周波数 $f_i$ が高くなる。したがって、電極指幅の太い部分19に対する電極指幅の細い部分20の比率が大きい方が、中心周波数が高くなる。図8に示したこの発明の実施例5に係る弾性波素子の一例では、電極指番号 $i$ が大きいほど、電極指幅の太い部分19に対する電極指幅の細い部分20の比率が大きくなっているため、電極指番号 $i$ が大きくなるのにしたがって、各交差部での中心周波数 $f_i$ が高くなっている。したがって、電極指番号 $i$ が大きくなるのにしたがって、電極指配列間隔が小さくなっているようなすだれ状電極1の一部、あるいは、全部に、図8に示したような電極指番号 $i$ が大きいほど、電極指幅の太い部分19に対する電極指幅の細い部分20の比率が大きくなっている電極指18を用いることにより、同じ値の電極指配列間隔が連続する部位11でも、中心周波数を変化させることができ、リップルの少ない良好な弾性波素子を得ることができる。

【0090】実施例6. 図9は、この発明の実施例6に係る弾性波素子を示す図である。図中、電極指番号を $i$

とし、電極指18によって、電極指幅の太い部分19に対する電極指幅の細い部分20の比率を乱数的に変化させている。破線は、最小寸法単位Qの整数倍の位置を示す。

【0091】電極指幅の太い部分19に対する電極指幅の細い部分20の比率を変化させると、電極指間の遅延時間 $\tau_i$ を変化させることができる。電極指間の遅延時間 $\tau_i$ を乱数的に変化させることにより、各交差部での中心周波数 $f_i$ が乱数的に変化する。各交差部の交換効率の和は、中心周波数 $f_i$ が乱数的に変化した特性の和であり、交換効率が最大となる周波数が全て重なることがなくなる。その結果、電極指間の遅延時間 $\tau_i$ が同じ交差部が連続する場合よりも、各交差部の交換効率の和の帯域幅が広くなり、隣合う交差部との交換効率の重なりがなめらかになり、すだれ状電極1の特性に生じるリップルを小さくすることができ、良好な特性の弾性波素子を得ることができる。

【0092】実施例7. 図10、および、図11は、この発明の実施例7に係る弾性波阻止を示す図である。図10はこの発明の実施例7に係る弾性波素子の上面図、図11は、図10に示したA-B間の断面図である。図中、21は圧電体基板であり、22は分散性を有する非圧電性の薄膜である。入力側すだれ状電極1aは、出力側すだれ状電極1bに近くなるのにしたがって、電極指配列間隔が大きくなり、出力側すだれ状電極1bは入力\*

$$\Delta\tau_{IDT} = \Delta\tau - \Delta\tau_{dly}$$

従来のこの種の弾性波素子では、入出力すだれ状電極1間の伝搬路では周波数による遅延時間差はないから、この発明の実施例7に係る弾性波素子のすだれ状電極1は、上記伝搬路での遅延時間変化量 $\Delta\tau_{dly}$ を引いた分だけ、遅延時間変化量 $\Delta\tau_{IDT}$ を小さくすることができる。すだれ状電極1での遅延時間変化量 $\Delta\tau_{IDT}$ を小さくするということは、すだれ状電極1の電極指数を少なくすることができることであり、隣合う各交差部間での電極指配列間隔差が大きくなり、最小寸法単位Qがあっても同じ電極指配列間隔が連続するのを防ぐことができる。その結果、従来のこの種の弾性波素子では、すだれ状電極1の電極指数が多くなりすぎて、高周波数を励振する領域で同じ電極指配列間隔が連続してしまうような場合でも、同じ電極指配列間隔が連続してしまう領域の範囲を小さくできるため、リップルの発生を低く抑えることができる。さらに、同じ電極指配列間隔が連続する領域でも、遅延時間は周波数によって変化するから、従来のこの種の弾性波素子よりも良好な遅延時間特性を実現できる。

【0095】実施例8. 図13、図14は、この発明の実施例8に係る弾性波素子を示す図である。図13はこの発明の実施例8に係る弾性波素子の上面図、図14は、図13に示したA-B間の断面図である。図中、21は圧電基板であり、22は分散性を有する“非圧電 ※50

\*側すだれ状電極1aと対称な形をしている。このため、図10、および、図11に示した弾性波素子は、周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が大きくなる特性を示す。図12は、図11に示した非圧電性薄膜22と圧電基板21とからなる薄膜構成における弾性波の分散特性を示す図である。図中、横軸は周波数であり、縦軸は弾性波の伝搬速度である。薄膜22を有する場合には、文献(以下、文献乙とする)“弾性表面波工学”、電子通信学会発行、1985年6月、pp. 82-90に示されているように、周波数が高くなると、伝搬速度が小さくなる特性となる。周波数に対する伝搬速度の値は、使用する基板21材料や薄膜22材料、および、薄膜の厚み等により決まる。

【0093】図12に示すように、周波数 $f$ が高くなるのにしたがって伝搬速度 $V$ が小さくなるから、入出力すだれ状電極1間の伝搬路でも周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が大きくなる特性をもつので、すだれ状電極1内で実現すべき遅延時間差は、上記伝搬路での遅延時間差を差し引いたものになる。すなわち、すだれ状電極1内にて、周波数が $\Delta f$ 変化したときの遅延時間の変化量を $\Delta\tau_{IDT}$ とし、目標値を $\Delta\tau$ とし、上記入出力すだれ状電極1間の伝搬路での遅延時間の変化量を $\Delta\tau_{dly}$ とすると、式16の関係になる。

【0094】

…(式16)

※性”の薄膜である。入力側すだれ状電極1aは、出力側すだれ状電極1bに近くなるのにしたがって、電極指配列間隔が小さくなり、出力側すだれ状電極1bは入力側すだれ状電極1aと対称な形をしている。このため、図13、および、図14に示した弾性波素子は、周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が小さくなる特性を示す。圧電基板21と非圧電性薄膜22からなる伝搬路の特性は、図12に示したような、周波数が高くなると伝搬速度が小さくなる特性である。

【0096】図13、および、図14に示した弾性波素子は、周波数が高くなると遅延時間が小さくなる特性だから、周波数を変化させた場合のすだれ状電極1の遅延時間差 $\Delta\tau_{IDT}$ は、弾性波素子に要求される遅延時間差 $\Delta\tau$ に、入出力すだれ状電極1間の伝搬路での遅延時間差 $\Delta\tau_{dly}$ を加えたものになる。この発明の実施例8に係る弾性波素子のすだれ状電極1は、上記伝搬路での遅延時間変化量 $\Delta\tau_{dly}$ を加えた分だけ、遅延時間変化量 $\Delta\tau_{IDT}$ を大きくすることができる。すだれ状電極1での遅延時間変化量 $\Delta\tau_{IDT}$ を大きくするということは、すだれ状電極1の数を多くすることができることであり、隣合う電極指配列間隔差を小さくして、各交差部の特性がなめらかに変化するようにできる。その結果、従来のこの種の弾性波素子では、すだれ状電極1の電極指数が少なくなりすぎて、隣合う電極指配列間



25

隔差を小さくして、各交差部の特性がなめらかに変化するようにできるため、リップルの発生を低く抑えることができる。

【0097】実施例9. 図15、および、図16は、この発明の実施例9に係る弾性波素子を示す図である。図15はこの発明の実施例7に係る弾性波素子の上面図、図16は、図15に示したA-B間の断面図である。図中、23は非圧電性の基板であり、24は分散性を有する“圧電性”の薄膜である。入力側すだれ状電極1aは、出力側すだれ状電極1bに近くなるのにしたがって、電極指配列間隔が大きくなり、出力側すだれ状電極1bは入力側すだれ状電極1aと対称な形をしている。このため、図15、および、図16に示した弾性波素子は、周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が大きくなる特性を示す。図16に示した圧電性薄膜24と非圧電性の基板23とからなる薄膜構成における弾性波の分散特性は、文献（以下、文献丙とする）“弾性表面波工学”、電子通信学会発行、1985年6月、pp. 69-74に示されているように、周波数が高くなると、伝搬速度が小さくなる特性となり、図12に示したような特性である。周波数に対する伝搬速度の値は、使用する基板23材料や薄膜24材料、および、薄膜の厚み等により決まる。

【0098】この発明の実施例9に係る弾性波素子のすだれ状電極1は、従来のこの種の弾性波素子に比べ、入出力すだれ状電極1間の伝搬路での遅延時間変化量 $\Delta\tau_{dly}$ を引いた分だけ、すだれ状電極1の遅延時間変化量 $\Delta\tau_{IDT}$ を小さくすることができる。すだれ状電極1での遅延時間変化量 $\Delta\tau_{IDT}$ を小さくするということは、すだれ状電極1の電極指数を少なくすることができることであり、隣合う各交差部間での電極指配列間隔が大きくなり、最小寸法単位Qがあっても同じ電極指配列間隔が連続するのを防ぐことができる。その結果、従来のこの種の弾性波素子では、すだれ状電極1の電極指数が多くなりすぎて、高周波数を励振する領域で同じ電極指配列間隔が連続してしまうような場合でも、同じ電極指配列間隔が連続してしまう領域の範囲を小さくできるため、リップルの発生を低く抑えることができる。さらに、同じ電極指配列間隔が連続する領域でも、遅延時間は周波数によって変化するから、従来のこの種の弾性波素子よりも良好な遅延時間特性を実現できる。

【0099】実施例10. 図17、および、図18は、この発明の実施例10に係る弾性波素子を示す図である。図17はこの発明の実施例10に係る弾性波素子の上面図、図18は、図17に示したA-B間の断面図である。図中、23は非圧電性の基板であり、24は分散性を有する“圧電性”の薄膜である。入力側すだれ状電極1aは、出力側すだれ状電極1bに近くなるのにしたがって、電極指配列間隔が小さくなり、出力側すだれ状電極1bは入力側すだれ状電極1aと対称な形をしてい

26

る。このため、図17、および、図18に示した弾性波素子は、周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が小さくなる特性を示す。非圧電性の基板23と圧電性薄膜24からなる伝搬路の特性は、図12に示したような、周波数が高くなると伝搬速度が小さくなる特性である。

【0100】図17、および、図18に示した弾性波素子は、周波数が高くなると遅延時間が小さくなる特性だから、周波数を変化させた場合のすだれ状電極1の遅延時間差 $\Delta\tau_{IDT}$ は、弾性波素子に要求される遅延時間差 $\Delta\tau$ に、入出力すだれ状電極1間の伝送路での遅延時間差 $\Delta\tau_{dly}$ を加えたものになる。この発明の実施例10に係る弾性波素子のすだれ状電極1は、上記伝送路での遅延時間変化量 $\Delta\tau_{dly}$ を加えた分だけ、遅延時間変化量 $\Delta\tau_{IDT}$ を大きくすることができる。すだれ状電極1の電極指数を多くすることができることであり、隣合う電極指配列間隔差を小さくして、各交差の特性がなめらかに変化するようにできる。その結果、従来のこの種の弾性波素子では、すだれ状電極1の電極指数が少なくなりすぎて、隣合う電極指配列間隔差を小さくして、各交差部の特性がなめらかに変化するようにできるため、リップルの発生を低く抑えることができる。

【0101】実施例11. 図19は、この発明の実施例11に係る弾性波素子を示す図である。図中、25は屈折補正を行う取り出し電極3bの端面、26は弾性波の波面に垂直な方向、27は屈折補正を行う取り出し電極端面25の接線である。電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界面15は、弾性波の伝搬方向に対して、角度 $\theta_{IDT}$ の傾斜を有している。図20は、斜め入射した弾性波が、電極指2交差部にて受信されるとき動作を説明するための図である。図中、28は弾性波の波面であり、波長 $\lambda$ の2分の1間隔にて示している。波面28の垂線26は、伝搬方向であるX軸と角度 $\theta$ の傾斜を有している。29はすだれ状電極1の交差部を線波源として示しており、この線波源29に沿って弾性波のポテンシャルを積分したものが上記線波源29にて受信する電力に比例する。なお、波面28の垂線26と伝搬方向であるX軸とのなす角度 $\theta$ は、波面28と線波源28とのなす角度と同じである。

【0102】入力側すだれ状電極1aの各電極指2の交差部にて励振された弾性波は、交差部に垂直な方向に伝搬し、出力側すだれ状電極1bに達した弾性波は再び出力側すだれ状電極1bの各電極指2の交差部にて電気信号に変換される。このとき、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界面15や、内側の取り出し電極3bの端面25では、弾性波が斜め入射するために、電極指2のある領域での伝搬速度 $V_{IDT}$ 、取り出し電極3bでの伝搬速度 $V_0$ 、自由表面での伝搬速度 $V_f$ の値に応じた屈折が起きる。通常、屈折により弾性波は伝搬方向を変えるが、YカットZ伝搬ニオブ酸リチウムのような圧電材料の中には、伝搬方向は変えずに、弾性波の波面28



27

28

のみが向きを変えるものがある。図19にて示す角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 、 $\theta_4$ 、 $\theta_5$ 、 $\theta_6$ 、 $\theta_7$ 、 $\theta_8$ は、弾性波の波面28の垂線と、点B、C、D、Eがある各境界面の垂線とのなす角度である。これらの角度は、各点\*

\*B、C、D、Eにてスネルの法則を満足し、以下の4式を満足する。

【0103】

$$\sin(\theta_2) / \sin(\theta_1) = V_m / V_{IDT} \quad \dots (式17)$$

$$\sin(\theta_4) / \sin(\theta_3) = V_f / V_m \quad \dots (式18)$$

$$\sin(\theta_6) / \sin(\theta_5) = V_m / V_f \quad \dots (式19)$$

$$\sin(\theta_8) / \sin(\theta_7) = V_{IDT} / V_m \quad \dots (式20)$$

また、すだれ状電極1と内側の取り出し電極3bとの境界15の傾斜角 $\theta_{IDT}$ 、および、内側取り出し電極端面25の弾性波の任意の伝搬経路における接線27の傾斜※

※角 $\theta_p$ と、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 、 $\theta_4$ 、 $\theta_5$ 、 $\theta_6$ 、 $\theta_7$ 、 $\theta_8$ との間には、幾何学的に次式の関係がある。

【0104】

$$\theta_1 + \theta_{IDT} = 90^\circ \quad \dots (式21)$$

$$\theta_2 - \theta_3 = \theta_p - \theta_{IDT} \quad \dots (式22)$$

$$\theta_4 + \theta_5 + 2\theta_p = 180^\circ \quad \dots (式23)$$

$$\theta_7 - \theta_8 = \theta_p - \theta_{IDT} \quad \dots (式24)$$

さらに、波面28の垂線と弾性波伝搬方向とのなす角度 $\theta$ は、角度 $\theta_8$ との間に式25の関係がある。★

★【0105】

$$\theta = \theta_8 + \theta_{IDT} - 90^\circ \quad \dots (式25)$$

式17から式25を用いることにより、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界面15の傾斜角 $\theta_{IDT}$ 、および、内側の取り出し電極端面25の接線の傾斜角 $\theta_p$ を決めれば、一意的に、出力側すだれ状電極1bに達した弾性波の波面28と線波源29とのなす角度 $\theta$ が決まる。これは、すなわち、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界面15の傾斜角 $\theta_{IDT}$ 、および、出力側すだれ状電極1bに達した弾性波の波面28と線波源29とのなす角度 $\theta$ を決めれば、一意的に、内側の取り出し☆

☆電極端面25の接線の傾斜角 $\theta_p$ が決まることでもある。従来のこの種の弾性波素子では、出力側すだれ状電極1bに達した弾性波の波面28と線波源29とのなす角度 $\theta$ が零となる条件のみを用いていた。

【0106】次に、波面28と線波源29とが角度 $\theta$ をもつときの影響について説明する。線波源29に平行な方向をY軸とすると、弾性波のポテンシャル $\phi(X, Y)$ は次式にて与えられる。

【0107】

$$\phi(X, Y) = \phi_0 e^{j(\omega t - k(X \cos \theta - Y \sin \theta))} \quad \dots (式26)$$

ここで、 $\phi_0$ は伝搬する弾性波の振幅を示し、 $k$ は波数を

◆27の結果を得る。

示すものとする。線波源29での受信電力 $P_i$ は $\phi$

【0108】

(X, Y)を交差幅Wに渡って積分したものだから、式◆

【数3】

$$P_i = \int_{-W/2}^{W/2} \phi(X, Y) dY = \phi_0 \int_{-W/2}^{W/2} e^{j(\omega t - kX \cos \theta)} W \frac{\sin \theta}{\theta} \quad \dots (式27)$$

ここで、 $\theta$ は式28で与えられる。

\* \* 【0109】

$$\theta = (kW/2) \sin \theta \quad \dots (式28)$$

すだれ状電極1の受信電力Pは交差部iにおける受信電

※【0110】

力 $P_i$ を全交差部について合計した式29となる。※

【数4】

$$P = \sum_i P_i = \phi_0 W e^{j\omega t} \frac{\sin \theta}{\theta} \sum_i e^{-jkX_i \cos \theta} \quad \dots (式29)$$

式29は、式30の条件を満足するときに零となる。こ

★する。

れは、弾性波素子の損失が極めて大きくなる零点に相当★

【0111】

$$\theta = (kW/2) \sin \theta = n\pi \quad (n \text{ は整数}) \quad \dots (式30)$$

波数 $k$ は、弾性波の伝搬速度 $V_{IDT}$ 周波数 $f$ とを用い

☆零点が生じる周波数 $f$ は、式32にて与えられる。

て、式31の関係があるから、弾性波素子の通過特性に☆

【0112】

$$k = 2\pi f / V_{IDT} \quad \dots (式31)$$

$$f = V_{IDT} / (W \cdot \sin \theta) \times n \quad (n \text{ は整数}) \quad \dots (式32)$$

式32より、弾性波の波面28が出力側すだれ状電極1に交差幅と角度 $\theta$ の傾斜を有して入射したとき、この点を生じる。ここで、弾性波素子の通過帯域の低い方の

◆50

29

周波数を $f_1$ とし、高い方の周波数を $f_2$ とすると、周波数 $f_2$ よりも低い周波数に、上記零点を生じないように、内側の取り出し電極3bの形状を決定することにより、弾性波の波面28が交差部に対して傾斜していても、その影響を少なくすることができる。

【0113】

【数5】

$$f_2 < \frac{V_{IDT}}{W \cdot \sin|\theta|} \quad \dots (式33)$$

あるいは、整数 $n$ に対して、式34を満足するように内側の取り出し電極3bの形状を決定することにより、弾性波素子の通過帯域内に零点が生じないようにできる。

【0114】

【数6】

$$|\theta| < \sin^{-1} \left( \frac{V_{IDT}}{W \cdot f_2} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{3457}{100 \times 10^{-6} \cdot 10^9} \right) = 1.98^\circ \quad \dots (式35)$$

一方、 $\theta_p$ を変数として式17から式25を用いて、 $\theta$ を計算すると図21に示す結果を得る。図中、横軸は取り出し電極3bの傾斜角 $\theta_p$ であり、縦軸は出力側すだ※

$$25^\circ < \theta_p < 96^\circ$$

となる。電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界面15が直線的であり、かつ、電極指2のある領域での伝搬速度 $V_{IDT}$ が一定の場合には、内側の取り出し電極3bの端面25の形状は直線的となる。内側の取り出し電極3bの形状を、式36を満足する範囲の傾斜角度 $\theta_p$ を有するようにすることにより、所要の特性の弾性波素子を得ることができる。

$$29^\circ < \theta_p < 86^\circ$$

となる。仮に、電極指2のある領域の弾性波の伝搬速度 $V_{IDT}$ のばらつきが $3460 \pm 10$  (m/sec)であっても、内側の取り出し電極端面25の形状を、式37を満足するように設定することにより、弾性波素子は所要の特性を実現できる。

【0117】実施例12. 図23は、この発明の実施例12に係る弾性波素子を示す図である。図中、30は入出力すだれ状電極1間に配置したシールド電極であり、31は弾性波が入射する端面である。各端面31は、弾性波伝搬方向に対して角度 $\theta_s$ の傾斜を有する。角度 $\theta_a$ 、 $\theta_b$ 、 $\theta_c$ 、 $\theta_d$ は、それぞれ、弾性波の波面28の垂線26と端面31の垂線とがなす角度である。点 ☆

$$\sin \theta_b / \sin \theta_a = V_a / V_f \quad \dots (式38)$$

$$\sin \theta_d / \sin \theta_c = V_f / V_a \quad \dots (式39)$$

$$\theta_a = \theta_d + \theta_p - \theta_s \quad \dots (式40)$$

$$\theta_b + \theta_c + 2\theta_s = 180^\circ \quad \dots (式41)$$

$$\theta_5 = \theta_d + \theta_s - \theta_p \quad \dots (式42)$$

式17から式20と式21、22、24、25、および、式38から式42を用いると、図21や図22と同

$$\frac{f_2}{n} < \frac{V_{IDT}}{W \cdot \sin|\theta|} < \frac{f_1}{n-1} \quad \dots (式34)$$

例えば、通過帯域が500MHzから1GHzの弾性波素子で、自由表面での伝搬速度 $V_f$ を3500 (m/sec)とし、取り出し電極3bでの伝搬速度 $V_a$ を3414 (m/sec)とし、電極指2のある領域での伝搬速度 $V_{IDT}$ を3500と3414の中間の値3457 (m/sec)一定とし、電極指2の交差幅 $W$ を100  $\mu$ mとし、傾斜角 $\theta_{IDT}$ を $30^\circ$ として、式33の条件を満足するための取り出し電極端面25の形状を求める。式33から、弾性波の波面28の傾斜角 $\theta$ は、式35を満足する必要がある。

【0115】

【数7】

※れ状電極1bに達した弾性波の波面28の傾斜角 $\theta$ である。式35の条件を満足する取り出し電極3bの傾斜角 $\theta_p$ を求めると、

$$\dots (式36)$$

★【0116】図22は、電極指2のある領域の弾性波の伝搬速度 $V_{IDT}$ を変えて、 $\theta_p$ を変数として式17から式25を用いて計算した弾性波の波面28の傾斜角度 $\theta$ である。計算に用いた数値は、電極指のある領域の弾性波の伝搬速度 $V_{IDT}$ 以外は、図21の場合と同じである。図22から、式35を満足する内側の取り出し電極の傾斜角度 $\theta_p$ の範囲を求めると、

$$\dots (式37)$$

☆E、Fは、点B、C、D、Eを経て伝搬する弾性波が通過するシールド電極30の端面31上の点である。

【0118】図23に示すこの発明の実施例12に係る弾性波素子は、入出力すだれ状電極1間に配置したシールド電極30の端面31での弾性波の屈折を用いて、所要の特性の弾性波素子を得る。点B、C、D、Eにおける弾性波の屈折の関係式は、式17から式20と同じである。また、式21、22、24、25も同様に成り立つ。点E、Fでの屈折の関係式、および、角度 $\theta_a$ 、 $\theta_b$ 、 $\theta_c$ 、 $\theta_d$ と、角度 $\theta_4$ 、 $\theta_5$ 、 $\theta_s$ との関係式は、式38から式42にて求められる。

【0119】

◆様に、シールド電極端面31の傾斜角度 $\theta_s$ と出力側すだれ状電極1bに達した弾性波の波面28の傾斜角度 $\theta$

## 31

との関係を求めることができる。一方、弾性波素子の所要の特性を得るための条件式は、式33、あるいは、式34であるから、出力側すだれ状電極1bに達した弾性波の波面28の傾斜角度 $\theta$ の範囲から、シールド電極端面31の傾斜角度 $\theta$ の範囲を決定することができる。すなわち、式33、あるいは、式34を満足するようにシールド電極端面31の形状を決定することにより、弾性波の伝搬速度にばらつきが生じて、所要の特性の弾性波素子を得ることができる。

【0120】次に、変形例について説明する。

【0121】この発明の実施例1から6にて示した弾性波素子は、全て、電極指2の交差幅が同じであったが、この発明はこれに限らず、電極指2の交差幅を変化させても効果は同じである。また、この発明の実施例1から6にて示した弾性波素子は、全て、電極指2を弾性波の伝搬方向に沿って配列させているが、この発明はこれに限らず、例えば、図24に示すような電極指2を弾性波の伝搬方向に垂直な方向にずらしたスラント電極に適用しても効果は同じである。さらに、この発明の実施例1から6にて示した弾性波素子は、周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が小さくなる場合に適用しても、周波数が高くなるのにしたがって遅延時間が大きくなる場合に適用しても、効果は同じである。また、図25に示すように、入出力すだれ状電極1を同じ方向になるように配列して、周波数によらず遅延時間が一定となるような弾性波素子に適用しても効果は同じである。さらに、電極指配列間隔 $D_i$ に対する電極指幅 $L_i$ の比率を変化させる領域や、電極指毎に電極指幅を変える領域は、すだれ状電極1の中で電極指幅の細い領域11に限定されることはなく、すだれ状電極1の中の任意の領域に適用してもよい。

【0122】この発明の実施例7、実施例8に示した弾性波素子は、圧電基板21上に1層の非圧電性薄膜22を構成し、上記非圧電性薄膜22の上にすだれ状電極1を構成しているが、この発明はこれに限らず、図26に示すように、圧電体基板21と非圧電性薄膜22の境界にすだれ状電極1を構成しても効果は同じである。さらに、図27に示すように、圧電体基板21の上に非圧電性薄膜22を構成し、その上にさらに薄膜32を構成してもよい。上記薄膜32は圧電性でも、非圧電性でも効果は同じである。さらに、図28に示すように、薄膜32を例えば、すだれ状電極1の上のみに構成する等の領域を限定した場合にも適用できる。さらに、上記薄膜32は、圧電体基板21と非圧電性薄膜22との間に構成してもよい。すだれ状電極1の位置は、圧電体基板21、非圧電性薄膜22、薄膜32のどの境界、または、表面に構成してもよい。

【0123】同様に、この発明の実施例9、実施例10に示した弾性波素子は、非圧電性基板23上に1層の圧電性薄膜24を構成し、上記圧電性薄膜24の上にすだ

## 32

れ状電極1を構成しているが、この発明はこれに限らず、図29に示すように、非圧電性基板23と圧電性薄膜24の境界にすだれ状電極1を構成しても効果は同じである。さらに、図30に示すように、非圧電性基板23の上に圧電性薄膜を構成し、その上にさらに薄膜32を構成してもよい。上記薄膜32は、圧電性でも、非圧電性でも効果は同じである。さらに、図31に示すように、薄膜32を例えば、すだれ状電極1の上のみに構成する等の領域を限定した場合にも適用できる。さらに、上記薄膜32は、非圧電性基板23と圧電性薄膜24との間に構成してもよい。すだれ状電極1の位置は、非圧電性基板23、圧電性薄膜24、薄膜32のどの境界、または、表面に構成してもよい。

【0124】この発明の実施例11に示した弾性波素子は、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15が直線的であったが、この発明はこれに限らず、例えば、図32に示すように、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15が曲線となる場合にも適用できる。この場合は、各弾性波の伝搬経路について、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15の接線が弾性波伝搬方向となす角度を $\theta_{IDT}$ とし、内側の取り出し電極端面25の接線27が弾性波伝搬方向となす角度 $\theta_p$ を決定すればよい。このとき、内側の取り出し電極端面25も曲線としてもよく、また、式33、あるいは、式34を満足できれば、図32に示すように、内側の取り出し電極端面25を直線的に構成してもよい。さらに、図33に示すように、内側の取り出し電極端面25を複数の領域に分割し、各領域内を直線的に構成してもよい。さらに、実施例11では、式33を満足する場合について説明したが、この発明はこれに限らず、式34を満足するように、内側の取り出し電極端面25を決定してもよい。さらに、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15や内側の取り出し電極端面25の形状を、入力側すだれ状電極1aと出力側すだれ状電極1bとで変えてもよい。

【0125】この発明の実施例12に示した弾性波素子は、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15、内側の取り出し電極端面25、シールド電極端面31の形状が直線的であったが、この発明はこれに限らず、例えば、図34に示すように、電極指2と内側の取り出し電極3bとの境界15、内側の取り出し電極端面25、シールド電極端面31のうち任意の部位の形状が曲線的でもよい。この場合は、曲線的な形状となっている部位の接線となす角度を用いて、上記曲線的となっている部位の形状を決定すればよい。さらに、図35に示すように、シールド電極端面31を複数領域に分割し、分割した各部位を直線的な構成としてもよい。

【0126】さらに、実施例11、実施例12に示した弾性波素子は、周波数が高くなるにしたがって遅延時間が小さくなる構成について示したが、この発明はこれに

限らず、周波数が高くなるにしたがって遅延時間が大きくなる場合にも適用できる。また、内側の取り出し電極端面25が弾性波伝搬方向となす角度や、シールド電極端面31が弾性波伝搬方向となす角度は、鋭角である場合について示したが、鈍角である場合でもよい。これらの角度条件は、式33、および、式34の結果による。さらに、内側の取り出し電極端面25とシールド電極端面31の両方の形状によって、出力側すだれ状電極1bに達した弾性波の波面を制御してもよい。

【0127】実施例2、および、実施例11、実施例12に示した弾性波素子は、ニオブ酸リチウム基板の場合について示したが、この発明はこれに限らず、電極指配列間隔 $D_i$ に対する電極指幅 $L_i$ の比率を変えたり、電極指毎に電極指幅を変える領域を有する構成のすだれ状電極1は、任意の基板材料、および、薄膜構成の材料に適用でき、内側の取り出し電極端面25やシールド電極端面のみが傾斜し、弾性波伝搬方向がほとんど変化しない基板材料や薄膜構成の材料であれば、同様に適用できる。

【0128】

【発明の効果】以上のように、第1の発明によれば、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、上記電極指幅と隣合う電極指の間隙長との比率を変えた領域を有するようにした。このため、同じ中心周波数の交差部が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0129】以上のように、第2の発明によれば、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を徐々に小さくした、このため、電極指配列間隔が同じ部分の中心周波数を徐々に高くすることができ、同じ中心周波数の交差部が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0130】以上のように、第3の発明によれば、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を乱数的に変化させた。このため、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率を乱数的に変化させることにより、同じ中心周波数の交差部が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0131】以上のように、第4の発明によれば、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有するようにした。このため、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を用いることにより、同じ中心周波数の交差部が連続するのを防ぎ、所要

の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0132】以上のように、第5の発明によれば、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、すだれ状電極の電極指配列間隔が徐々に小さくなる電極指順序の方向に、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計に対して、上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計の比率を、徐々に大きくした。このため、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計と上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計との比率を、徐々に小さくすることにより、等価的に、中心周波数が徐々に高くなる。この結果、同じ中心周波数の交差部が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0133】以上のように、第6の発明によれば、すだれ状電極の電位の異なる電極指が交差する部位の一部あるいは全体に、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が変化する段付き電極指を有し、上記各電極指における隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の大きい領域の交差幅方向の長さの合計と上記隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率の小さい領域の交差幅方向の長さの合計との比率を、乱数的に変化させた。このため、隣合う電極指の間隙長に対する上記電極指幅の比率が乱数的に変化する電極指を用いることにより、同じ中心周波数の交差部が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0134】以上のように、第7の発明によれば、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも1層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設けた。このため、所要の特性を実現するのに必要なすだれ状電極の電極指数が、少なすぎたり、多すぎたりして良好な特性を実現できない場合でも、薄膜の分散特性を利用することにより、弾性波素子の分散特性をすだれ状電極と薄膜の分散特性の両方で分担することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。さらに、電極指の最小寸法単位によって同じ交差部が連続する場合でも、薄膜の分散特性によって、群遅延特性は周波数によって変化させることが可能なため、群遅延時間のリップルを低減した弾性波素子を得ることができる。

【0135】以上のように、第8の発明によれば、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜

35

を少なくとも1層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにした。このため、周波数が高い交差部において、隣合う交差部間での所要の交差部の特性の差の値を大きくすることができ、電極指す法に最小寸法単位があっても、同じ交差部が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0136】以上のように、第9の発明によれば、圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する非圧電性の薄膜を少なくとも1層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにした。このため、電極指数が少ないことにより、隣合う電極指配列間隔の変化量が大きくなり、なめらかな分散特性を実現できなくなるのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0137】以上のように、第10の発明によれば、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも一層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設けた、このため、所要の特性を実現するのに必要なすだれ状電極の電極指数が、少なすぎたり、多すぎたりして良好な特性を実現できない場合でも、薄膜の分散特性を利用することにより、弾性波素子の分散特性をすだれ状電極と薄膜の分散特性の両方で分担することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。さらに、電極指の最小寸法単位によって同じ交差部が連続する場合でも、薄膜の分散特性によって、群遅延特性は周波数によって変化させることが可能なため、群遅延時間のリップルを低減した弾性波素子を得ることができる。

【0138】以上のように、第11の発明によれば、非圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも1層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が少なくなるようにした。このため、周波数が高い交差部において、隣合う交差部間での所要の電極指配列間隔差の値を大きくすることができ、電極指す法に最小寸法単位があっても、同じ交差部が連続するのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0139】以上のように、第12の発明によれば、非

36

圧電体基板表面に弾性波が分散特性を有する圧電性の薄膜を少なくとも1層以上構成し、上記薄膜のうちの任意の薄膜の表面あるいは上記薄膜と上記非圧電体基板との境界面に、電極指配列間隔を徐々に変化させた上記すだれ状電極を設け、分散性のない圧電体基板上に構成した場合よりも、上記すだれ状電極の電極指数が多くなるようにした。このため、電極指数が少ないことにより、隣合う交差特性の変化量が大きくなり、なめらかな分散特性を実現できなくなるのを防ぎ、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0140】以上のように、第13の発明によれば、弾性波素子の通過帯域の下限周波数を $f_1$ 、上限周波数を $f_2$ とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を $W_0$ とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を $V_{IDT}$ とし、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状電極に達したときの出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角度を $\theta$ としたときに、式9で示される条件か、あるいは、 $n$ を整数として、式10で示される条件を満足するように、取り出し電極端面の形状を定めた。このため、弾性波の伝搬速度が材料によってばらつきを持っていても、そのばらつきの範囲に対応した上記取り出し電極の形状を適切に決定することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【0141】以上のように、第14の発明によれば、弾性波素子の通過帯域の下限周波数を $f_1$ 、上限周波数を $f_2$ とし、上記弾性波素子のすだれ状電極の交差幅を $W_0$ とし、すだれ状電極における弾性波の伝搬速度を $V_{IDT}$ とし、入力側すだれ状電極にて励振された弾性波が出力側すだれ状電極に達したときの出力側すだれ状電極の電極指と上記弾性波の波面とのなす角度を $\theta$ としたときに、式9で示される条件か、あるいは、 $n$ を整数として、式10で示される条件を満足するように、上記シールド電極の形状を定めた。このため、弾性波の伝搬速度が材料によってばらつきを持っていても、そのばらつきの範囲に対応した上記シールド電極の形状を適切に決定することにより、所要の特性を有する弾性波素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例を示す図である。

【図2】図1に示した弾性波素子の電極指の一部を示す図である。

【図3】この発明の第2の実施例の弾性波素子の電極指幅、電極指間の間隙、電極指配列間隔を示す図である。

【図4】この発明の第2の実施例の弾性波素子の電極指配列間隔を示す図である。

【図5】この発明の第2の実施例の弾性波素子の遅延時間の一例を示す図である。

【図6】この発明の第3の実施例のすだれ状電極の一部を示す図である。

【図7】この発明の第4の実施例の弾性波素子の動作を説明する図である。

【図8】この発明の第5の実施例のすだれ状電極の一部を示す図である。

【図9】この発明の第6の実施例のすだれ状電極の一部を示す図である。

【図10】この発明の第7の実施例を示す上面図である。

【図11】図10に示した弾性波素子の断面を示す図である。

【図12】薄膜構成における弾性波の分散特性を示す図である。

【図13】この発明の第8の実施例を示す上面図である。

【図14】図13に示した弾性波素子の断面を示す図である。

【図15】この発明の第9の実施例を示す上面図である。

【図16】図15に示した弾性波素子の断面を示す図である。

【図17】この発明の第10の実施例を示す上面図である。

【図18】図17に示した弾性波素子の断面を示す図である。

【図19】この発明の第11の実施例を示す図である。

【図20】波面が傾斜した弾性波が交差部で受信されるとき動作を説明する図である。

【図21】内側の取り出し電極端面の傾斜角度と出力側すだれ状電極に達した弾性波の波面の傾斜角度との関係の計算結果を示す図である。

【図22】電極指のある領域の弾性波の伝搬速度を変えた場合の内側の取り出し電極端面の傾斜角度と出力側すだれ状電極に達した弾性波の波面の傾斜角度との関係の計算結果を示す図である。

【図23】この発明の第12の実施例を示す図である。

【図24】この発明の他の実施例を示す図である。

【図25】この発明の他の実施例を示す図である。

【図26】この発明の他の実施例を示す図である。

【図27】この発明の他の実施例を示す図である。

【図28】この発明の他の実施例を示す図である。

【図29】この発明の他の実施例を示す図である。

【図30】この発明の他の実施例を示す図である。

【図31】この発明の他の実施例を示す図である。

【図32】この発明の他の実施例を示す図である。

【図33】この発明の他の実施例を示す図である。

【図34】この発明の他の実施例を示す図である。

【図35】この発明の他の実施例を示す図である。

【図36】従来のこの種の弾性波素子を示す図である。

【図37】図36に示した出力側すだれ状電極の交差部の位置と各交差部における中心周波数を示す図である。

【図38】図37に示した出力側すだれ状電極の交差部の位置と各電極指の電極指配列間隔を示す図である。

【図39】図37に示した各電極指の電極指配列間隔に、最小寸法単位を設定した場合の電極指配列間隔を示す図である。

10 【図40】電極指配列間隔を徐々に変化した場合のすだれ状電極の変換効率を示す図である。

【図41】同じ電極指配列間隔が連続する交差部がある場合のすだれ状電極の変換効率を示す図である。

【図42】電極指配列間隔が徐々に変化する弾性波素子の通過特性の一例を示す図である。

【図43】同じ電極指配列間隔が連続する交差部がある弾性波素子を示す図である。

【図44】同じ電極指配列間隔が連続する交差部がある弾性波素子通過特性の一例を示す図である。

20 【図45】従来のこの種の弾性波素子の電極指を示す図である。

【図46】従来のこの種の弾性波素子の電極指を示す図である。

【図47】従来のこの種の弾性波素子の電極指を示す図である。

【図48】従来のこの種の弾性波素子の電極指を示す図である。

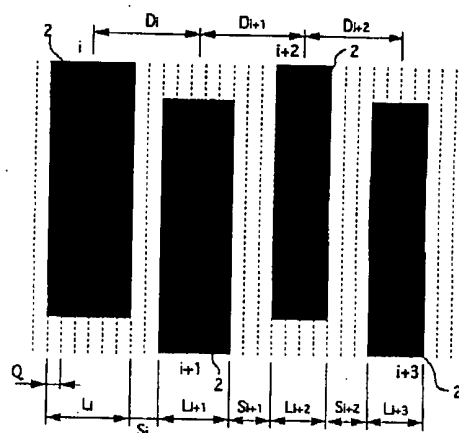
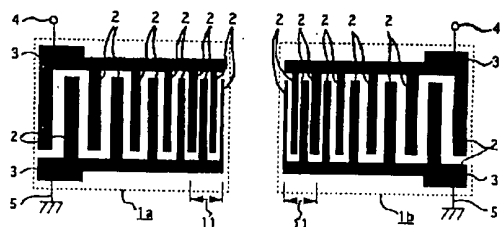
【図49】電極指配列間隔を変化させた時の電極指幅、電極指間の間隙長、電極指配列間隔の一例を示す図である。

30

【符号の説明】

- 1 すだれ状電極
- 2 電極指
- 3 取り出し電極
- 3a 外側の取り出し電極
- 3b 内側の取り出し電極
- 4 電気端子
- 5 接地端子
- 21 圧電基板
- 40 22 非圧電性の薄膜
- 23 非圧電性の基板
- 24 圧電性の薄膜
- 30 シールド電極
- 31 シールド電極端面
- 32 薄膜
- 33 電極指のある領域

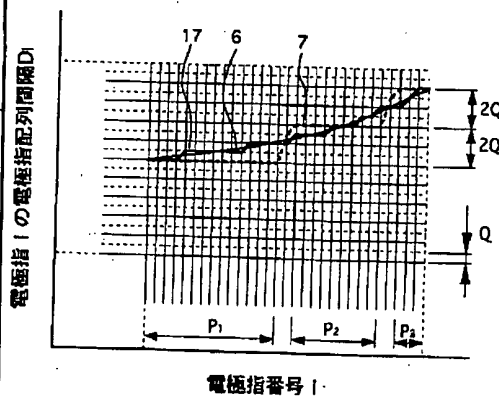
【図2】



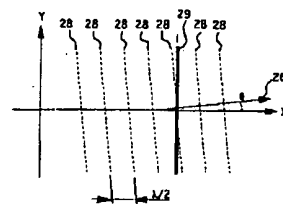
【図3】

$L + L_{k1}$	$S_k$	$D_k$
2	7	8
4	6	
6	5	
8	4	
10	3	
12	2	
14	1	7.5
3	6	
5	5	
7	4	
9	3	
11	2	
13	1	7
2	6	
4	5	
6	4	
8	3	
10	2	
12	1	6.5
3	5	
5	4	
7	3	
9	2	
11	1	
2	5	6
4	4	
6	3	
8	2	
10	1	

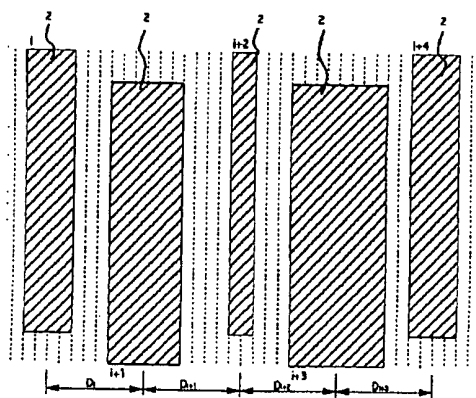
【図4】



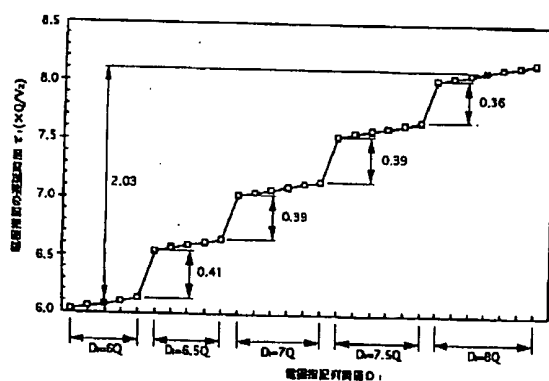
【図20】



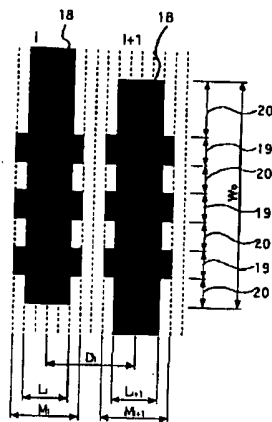
【図6】



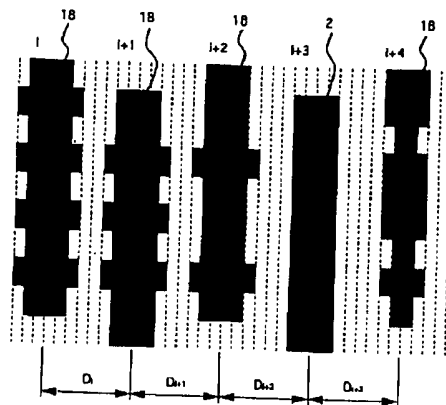
【図5】



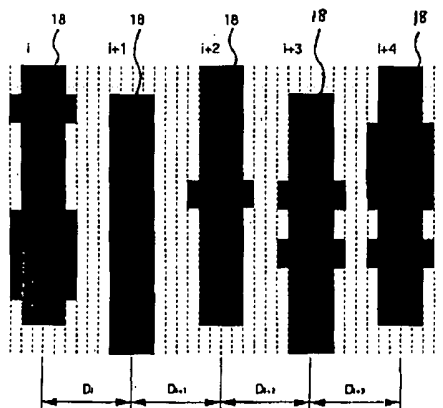
【図7】



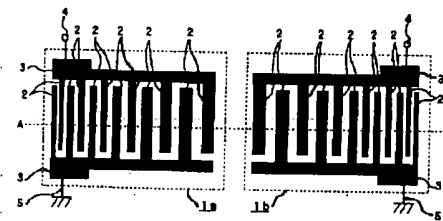
【図8】



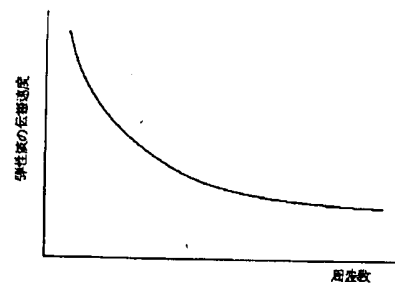
【図9】



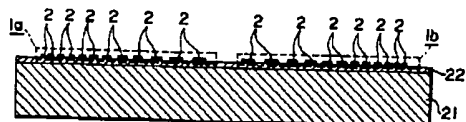
【図 10】



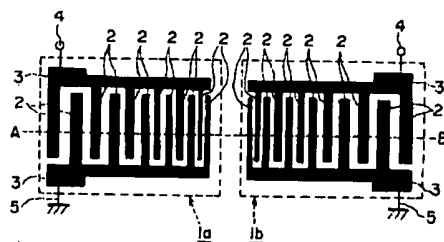
【图 12】



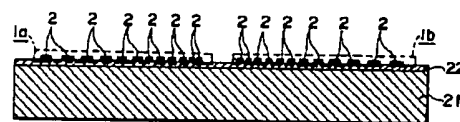
【图 1 1】



【図13】

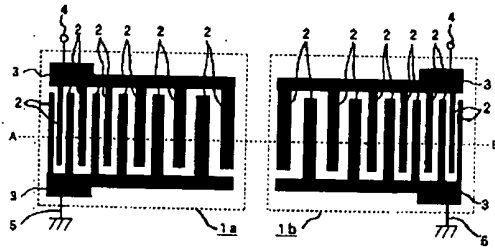


【図14】

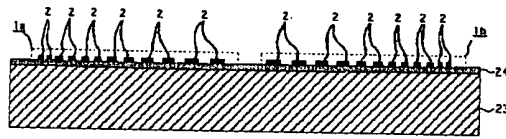




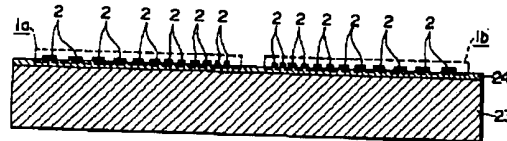
【図15】



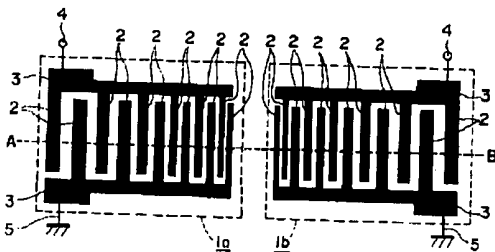
【図16】



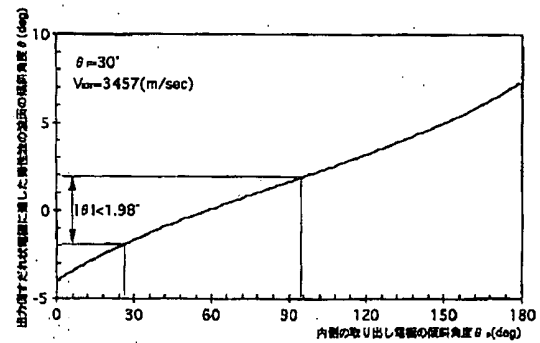
【図18】



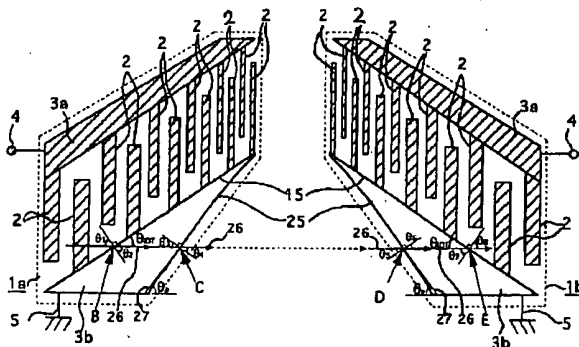
【図17】



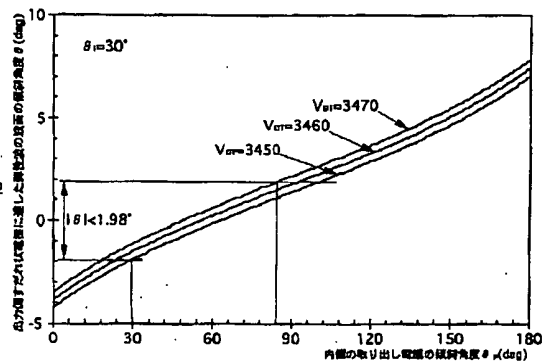
【図21】



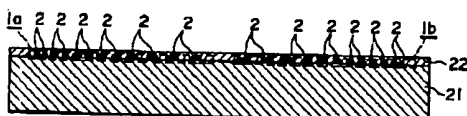
【図19】



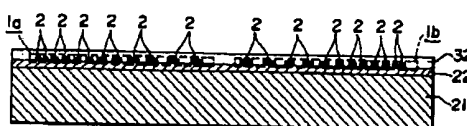
【図22】



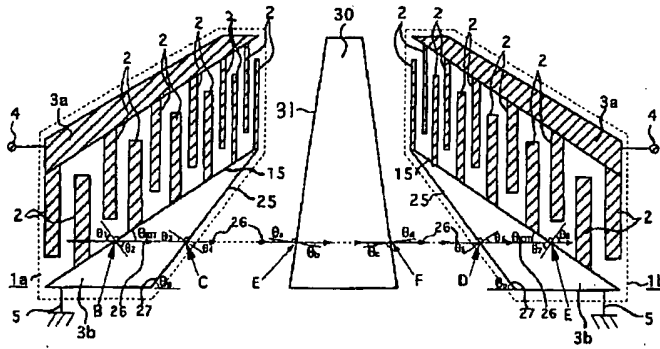
【図26】



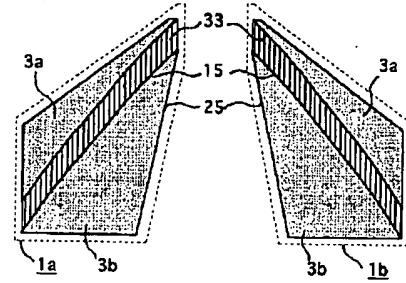
【図27】



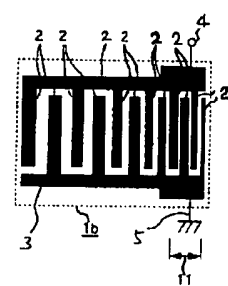
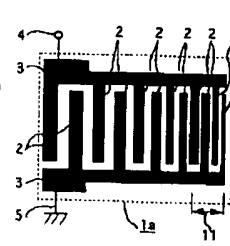
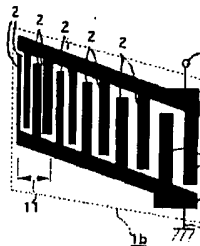
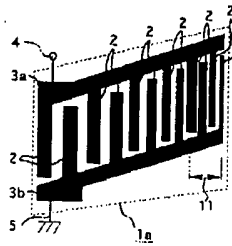
【図23】



【図32】

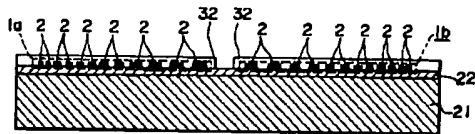


【図24】

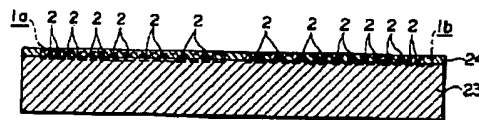


【図25】

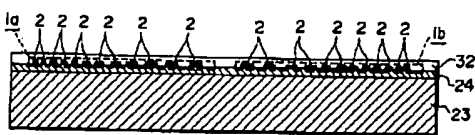
【図28】



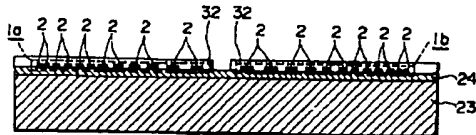
【図29】



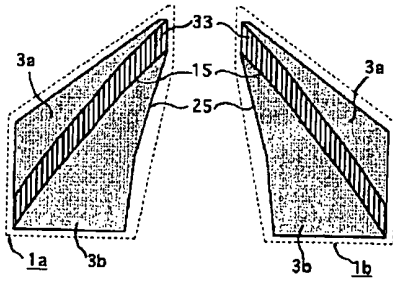
【図30】



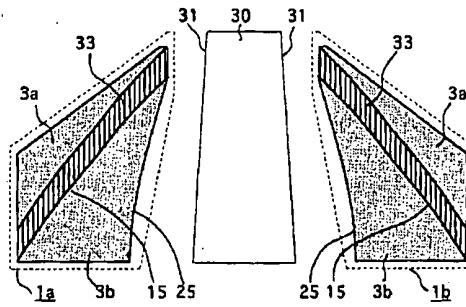
【図31】



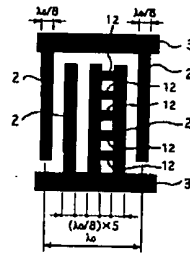
【図33】



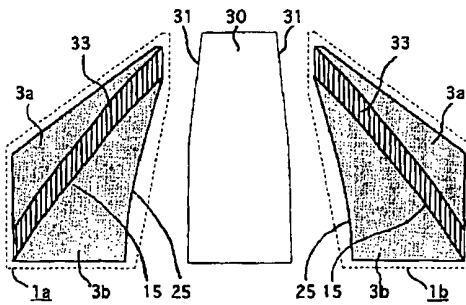
【図34】



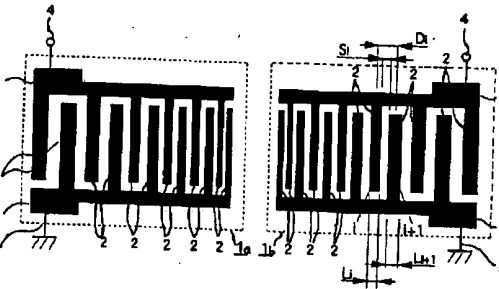
【図46】



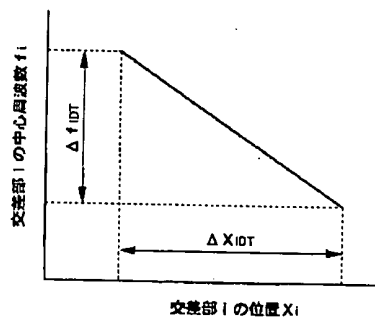
【図35】



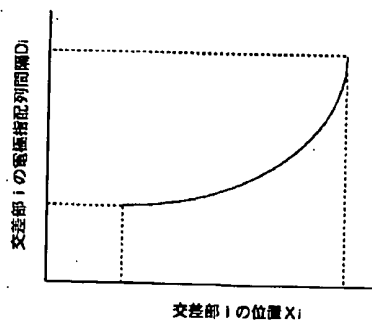
【図36】



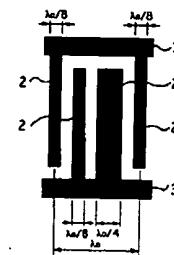
【図37】



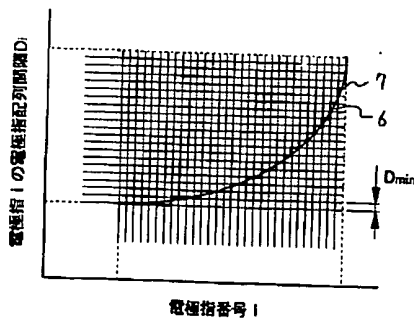
【図38】



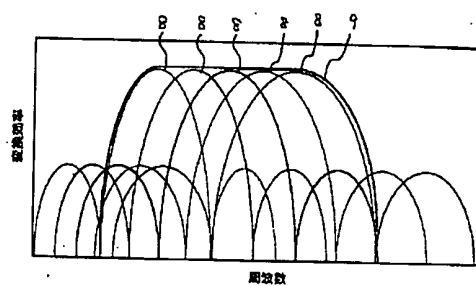
【図45】



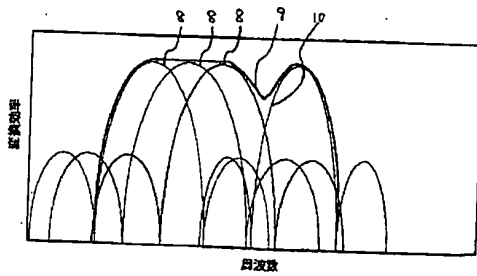
【図39】



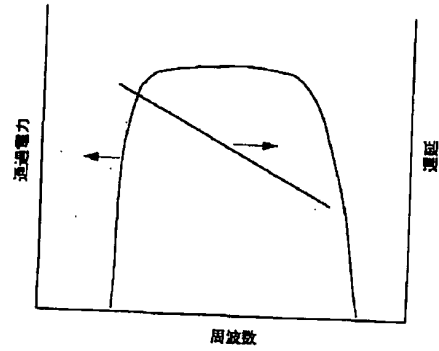
【図40】



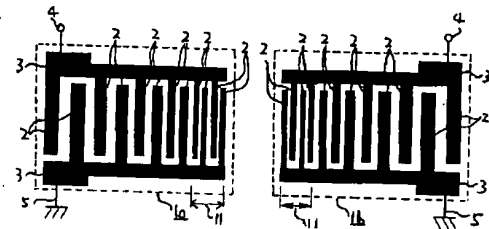
【図41】



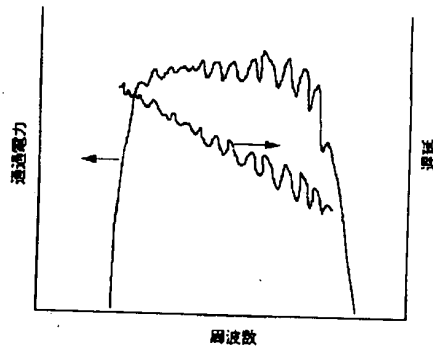
【図42】



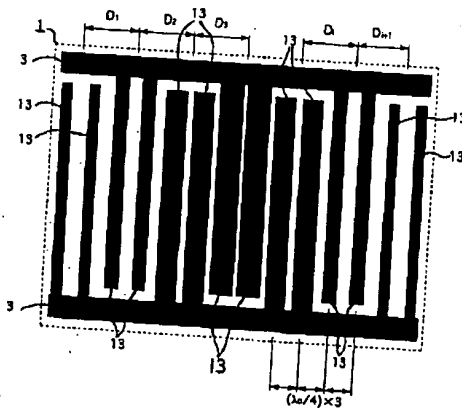
【図43】



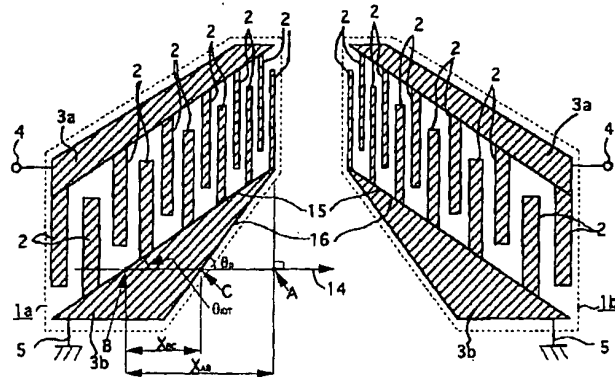
【図44】



【図47】



【図48】



【図49】

項目	寸法	配列A	寸法	配列B
電極指幅	3Q		3Q	
間隔長	3Q	6Q	3Q	6Q
電極指幅	3Q		3Q	
間隔長	3Q	6Q	3Q	6Q
電極指幅	3Q		3Q	
間隔長	3Q	6.5Q	4Q	7.5Q
電極指幅	4Q		4Q	
間隔長	4Q	8Q	4Q	8Q
電極指幅	4Q		4Q	

フロントページの続き

(72)発明者 和高 修三  
神奈川県鎌倉市大船五丁目 1 番 1 号 三菱  
電機株式会社電子システム研究所内